

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА СИСТЕМОТЕХНІКИ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Худолей Г.М.

“ ” 2020 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему:

"Автоматизація змішувально-зарядної машини для емульсійних вибухових речовин"

Керівник проекту

А.Г. Серяков

Проектант:

студент групи СУЗт-61Ш

Б.О. Моргулець

[illegible]

РЕФЕРАТ

Моргулец Богдан Олегович. Автоматизация смесительно-зарядной машины для эмульсионных взрывчатых веществ. Дипломный проект. Шосткинский институт Сумского государственного университета. Шостка, 2020 год.

Дипломный проект содержит 74 листа пояснительной записки, с учетом 43 рисунков, 21 таблицы; конструкторскую документацию, которая содержит 2 чертежа; 3 демонстрационных плаката.

Разработано техническое задание. Разработана автоматизация смесительно-зарядной машины для эмульсионных взрывчатых веществ на базе программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК160. Разработан алгоритм управления. Удовлетворительное качество работы смесительно-зарядной машины для эмульсионных взрывчатых веществ подтверждено результатами моделирования на ЭВМ.

Ключевые слова: технологический процесс, система управления, регулирующий микропроцессорный контроллер, алгоритм управления, регулируемый параметр.

РЕФЕРАТ

Моргулець Богдан Олегович. Автоматизація змішувально-зарядної машини для емульсійних вибухових речовин. Дипломний проект. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2020 рік.

Дипломний проект містить 74 аркуші пояснювальної записки, з урахуванням 43 рисунків, 21 таблиць; конструкторську документацію, яка містить 2 креслення; 3 демонстраційні плакати.

Розроблено технічне завдання. Розроблено автоматизацію змішувально-зарядної машини для емульсійних вибухових речовин на базі програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК160. Розроблено алгоритм управління. Задовільна якість роботи змішувально-зарядної машини для емульсійних вибухових речовин підтверджена результатами моделювання на ЕОМ.

Ключові слова: технологічний процес, система управління, регулюючий мікропроцесорний контролер, алгоритм управління, регульований параметр.

SUMMARY

Morgulets Bogdan Olegovich. Automation mixing-charging machine for emulsion explosives. Diploma project. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2020 year.

A diploma project is contained by 74 leaves of explaining message, taking into account 43 pictures, 21 tables; designer document which contains 2 drafts; 3 demonstration posters.

The specification is developed. The automation mixing-charging machine for emulsion explosives on the basis of the programmable logical controller PLK160 is developed. The algorithm of management is developed. Satisfactory quality of work of mixing-charging machine for emulsion explosives is confirmed with results of modeling on EVM.

Keywords: technological process, control system, the regulating microprocessor controller, the control algorithm, the adjustable parameter.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
Худолей Г.М.
“ ” _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизації змішувально-зарядної машини для емульсійних
вибухових речовин

Проектував:

Студент групи СУЗт-61Ш

Б.О. Моргулець

Погоджено:

Керівник проекту

А.Г. Серяков

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

1 Разработать проект автоматизации смесительно-зарядной машины для эмульсионных взрывчатых веществ.

2 Основания для разработки

Задание кафедры на дипломный проект.

3 Цель и назначение разработки

Целью данной разработки является создание проекта автоматизации смесительно-зарядной машины для эмульсионных взрывчатых веществ.

Ожидаемые цели реализации данного проекта:

- повышение эффективности технологического процесса;
- повышение уровня безопасности ведения технологического процесса, снижение аварийности;
- улучшение условий труда персонала;
- сокращение времени поиска и устранения неисправностей;
- повышение технико-экономических показателей за счет применения современных методов управления технологическим процессом, а также использование новейших средств автоматизации;
- снижение энергетической нагрузки.

Данная разработка и результаты проектирования могут быть использованы для автоматизации смесительно-зарядной машины для эмульсионных взрывчатых веществ.

4 Источники для разработки

Регламент технологического процесса производства эмульсионного взрывчатого вещества.
Руководство по эксплуатации.

5 Условия эксплуатации

Питание технологических установок осуществляется от цеховой сети переменного тока с напряжением 380 В.

Окружающая среда должна быть не взрывоопасной, не содержать пыли в концентрациях, нарушающей работу электрооборудования, а также не содержать агрессивных паров и газов, разрушающих металл и изоляцию. Условия эксплуатации автоматизированной смесительно-зарядной машины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия эксплуатации автоматизированной смесительно-зарядной машины для эмульсионных взрывчатых веществ

Наименование и характеристика помещения	Климатические условия			Механические условия	
	Температура, °С	Влажность, %	Запыленность, г/м ³	Амплитуда и частота вибрации, Гц	Наличие колебаний
Производственное помещение	22...25 ⁰ С	60...85%	-	-	-
Щитовая	22...25 ⁰ С	60...85%	-	-	-
Операторская комната	22...25 ⁰ С	40...60%	-	-	-

АСУТП должна быть рассчитана на непрерывный круглосуточный режим работы.

Виды, периодичность и регламент обслуживания технических средств должны быть указаны в соответствующих инструкциях по эксплуатации.

Расположение технических средств АСУТП должно быть рациональным как с точки зрения монтажных связей между ними, так и удобства и безопасности их эксплуатации и обслуживания.

6 Технические требования

Автоматизированная смесительно-зарядная машина для эмульсионных взрывчатых веществ должна обеспечивать:

- ведение технологического процесса на основе автоматического контроля технологических параметров;
- снижение трудоемкости при измерении и управлении технологическими параметрами;
- визуализацию параметров технологического процесса и аварийных ситуаций;
- автоматическое управление исполнительными механизмами;
- безаварийный пуск/останов и переключение технологического оборудования;
- предотвращение развития аварийных ситуаций и обеспечение безопасного завершения процесса по заданному алгоритму;
- прием информации с верхнего уровня системы управления и формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

В состав процесса должны входить:

- узел управления на базе программируемого контроллера;
- АРМ на базе ПК с соответствующим программным обеспечением.

Программное обеспечение должно предотвращать возникновение отказов в выполнении функций АСУТП при отказах технических средств и при ошибках персонала, участвующего в

выполнении этой функции, либо должно обеспечить перевод отказов, ведущих к большим потерям, в отказы, сопряженные с меньшими потерями.

Средства автоматизации, которые используются в данной установке, должны быть современными и легкодоступными на рынке. Также необходимо учесть наличие взрывоопасных и агрессивных сред.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА СИСТЕМОТЕХНІКИ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

*«Автоматизація змішувально-зарядної машини для емульсійних вибухових
речовин»*

Керівник проекту

А.Г. Серяков

Проектант:

студент групи СУзт-61Ш

Б.О. Моргулець

ОГЛАВЛЕНИЕ

С.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	10
ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ.....	13
2 ВЫБОР КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ.....	19
3 ВЫБОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ, РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ.....	24
4 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	69
ВЫВОДЫ.....	80
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	81

					<i>СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Моргулец Б.О.			Автоматизация смесительно-зарядной машины Пояснительная записка	Лит.	Лист
Провер.							9
Реценз.							81
Н. Контр.						ШИ СумГУ	
Утверд.		Худолей Г.М.					

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АСУ ТП - автоматизированная система управления технологическим процессом.

ПЧ – преобразователь частоты.

ВВ – взрывчатое вещество.

ЭВВ – эмульсионное взрывчатое вещество.

ПЛК – программируемый логический контролер.

ТП – технологический процесс.

ПК – персональный компьютер.

SCADA-система (аббр. от англ. Supervisory Control And Data Acquisition) - система диспетчерского управления и сбора данных.

СЗМ – смесительно-зарядная машина.

ГГД – газогенерирующая добавка.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время на горно-рудных и нерудных объектах по добыче полезных ископаемых ощущается дефицит мощных, водостойких и безопасных взрывчатых веществ. Вопросы экологии окружающей среды ставят свои требования к применению тротила и других токсичных и опасных взрывчатых веществ, которые широко используются промышленностью при проведении взрывных работ. Поэтому особое внимание привлекают к себе наливные, или так называемые эмульсионные взрывчатые вещества. Особая привлекательность их в том, что взрывчатым веществом смесь становится уже в скважине через 15-20 мин. после зарядки в результате газогенерации. Сами компоненты не являются взрывоопасными. Эмульсионное взрывчатое вещество является водостойким и достаточно мощным, что дает возможность проводить взрывные работы по измельчению весьма крепких пород (граниты) и в достаточно широком диапазоне диаметров скважин.

Для механизированной подачи гранулированных, патронированных и текучих (водосодержащих) взрывчатых веществ в зарядные плоскости (скважины, шпуры, котлы, камеры) при открытых и подземных горных выработках, а также для приготовления взрывчатых веществ в процессе зарядания используется смесительно-зарядная машина (СЗМ).

Применение СЗМ на объектах значительно повышают безопасность и культуру производства, позволяют сократить численность персонала на опасных работах, снизить вредную нагрузку на окружающую среду.

СЗМ для эмульсионных взрывчатых веществ сконструирована для перевозки материалов, которые не являются взрывчатыми веществами, но при комбинировании и смешивании при помощи оборудования машины будут образовывать взрывчатое вещество.

Машина может изготавливать взрывчатые вещества (ВВ) как для сухих, так и для обводненных скважин.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Продуктом является эмульсионная фаза (ЭФ Голд), смешанная с пористым рассыпным нитратом аммония. Он активируется химически газированием.

СЗМ применяется в карьерах горнодобывающей промышленности для заполнения сухих и обводненных скважин эмульсионными взрывчатыми веществами (ЭВВ), механизированной подачи гранулированных, патронированных и текучих (водосодержащих) взрывчатых веществ в скважины, шпуров, котлы, камеры и т. д., приготовления взрывчатых веществ в процессе заряжания.

В машину загружаются эмульсионная фаза, аммиачная селитра, дизельное топливо и газогенерирующей добавка. Загрузка компонентов, полуфабрикатов в СЗМ проводится в заводских условиях или на специальных площадках перегрузки для загрузки СЗМ с машины-доставщика компонентов. Каждый компонент, полуфабрикат загружают в отдельную емкость СЗМ в соответствии с действующей документацией.

Работы, связанные со смесительно-зарядной машиной, очень жёстко регламентированы. Отдельно следует заметить, что большинство несчастных случаев с серьёзными увечьями и летальными исходами, а также аварий и разрушений, происходят при производстве, неправильном хранении или использовании средств взрывания.

Задачей настоящего проекта является решение круга вопросов связанных с модернизацией существующей системы управления. Модернизация процесса будет осуществляться с учетом специфических свойств смесительно-зарядной машины для эмульсионных взрывчатых веществ, необходимости упрощения управления, увеличения устойчивости процессов к воздействию внешних возмущений. Работа выполняется на основании задания кафедры системотехники и информационных технологий Шосткинского института СумГУ.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

1.1 Описание технологического процесса

Аммиачная селитра из резервуара постельным и вертикальным шнеками подается в доставочно-смесительный шнек (рис. 1.1). Здесь происходит ее смешивание с дизельным топливом (для зарядки сухих скважин) и эмульсией (для зарядки как сухих так и обводненных скважин). Дизельное топливо на смешивание подается насосом из бака нефтепродукта. Эмульсия на смешивание подается насосом из резервуара через пневмоклапан.

Доставочно-смесительный шнек имеет возможность поворачиваться в горизонтальной плоскости на определенный угол, опускаться и подниматься в вертикальной плоскости для удобства зарядки необводненных скважин.

Смесь продуктов из доставочно-смесительного шнека подается в уравнивательный бункер. Отсюда происходит всасывание продукта героторным насосом. В героторном насосе к смеси добавляется газогенерирующая добавка или микросферы. Газогенерирующая добавка в героторный насос подается насосом из бака. Микросферы в героторный насос подаются дозирующим шнеком из резервуара.

Полученный продукт героторным насосом подается в зарядный шланг. Для уменьшения трения продукта о стенки зарядного шланга стенки последнего смазываются водой. Вода в шланг подается насосом из резервуара через специальное устройство, которое обеспечивает эффект "водяное кольцо". Зарядный шланг намотан на барабан. Далее конец шланга на опорных дисках подвешивается к стреле, которая имеет возможность выдвигаться вперед и поворачиваться на 180° для удобства зарядки скважин расположенных по сторонам смесительно-зарядной машины.

Все приводы работают от гидростанции. Ее насос подает из бака масло под давлением на гидродвигатели и гидроцилиндры.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13



12	Вода
31	Воздух атмосферный
28	Средства бытовая
29	Дизельное
30	Искусств
31	Эмульсия
32	Смесь эфирная с эмульсией
33	ПД Газоэмульсионная бытовая
34	Вв эмульсионная
35	Масло в эмульсионном

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Лист
14

1.2 Схема информационно-материальных потоков

На основании технологического процесса изготовления ЭВВ в смесительно-зарядной машине составим схему движения материальных потоков. Схема движения материальных потоков представлена на рисунке 1.2.

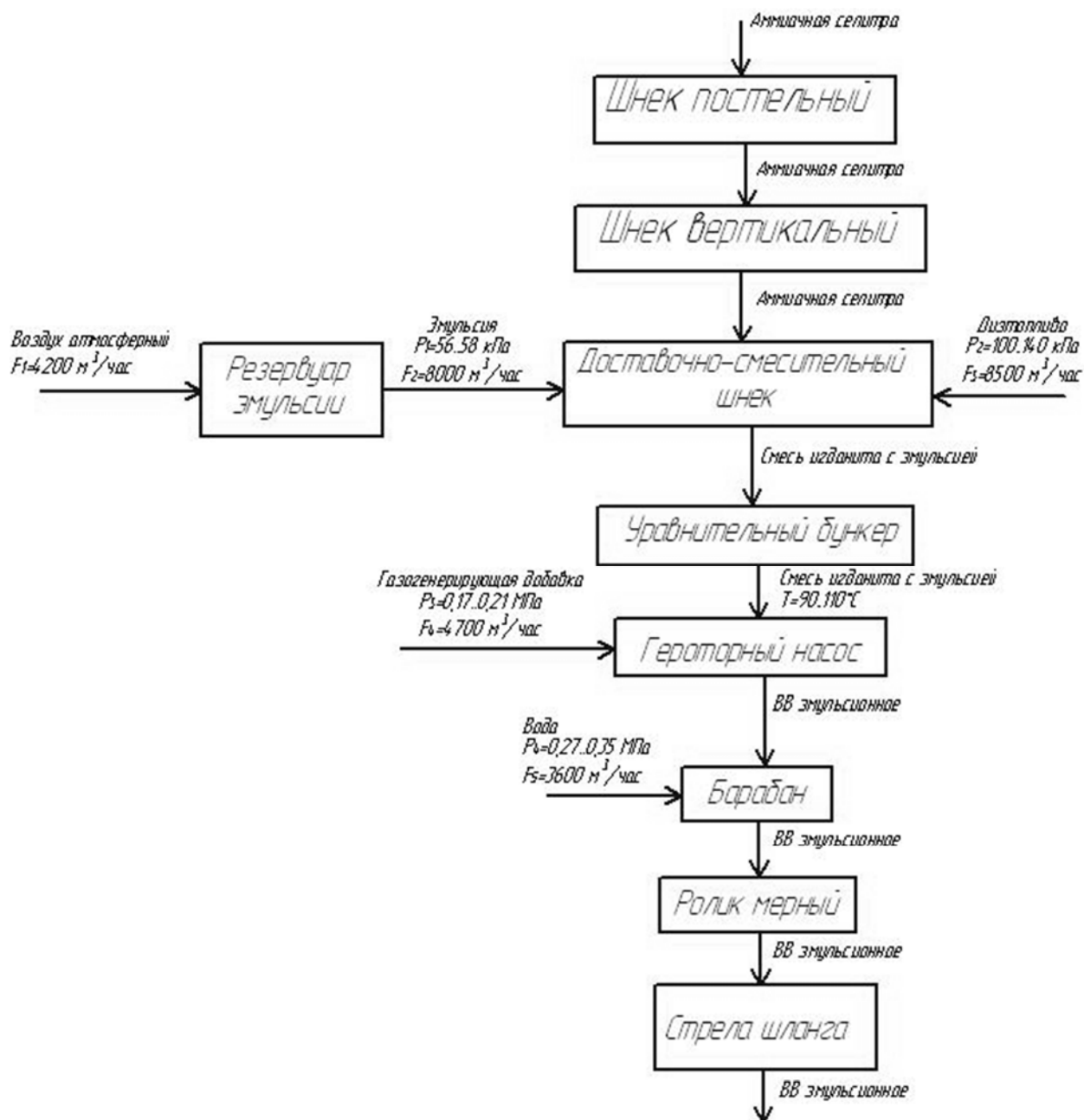


Рисунок 1.2 – Схема информационно-материальных потоков в смесительно-зарядной машине для эмульсионных взрывчатых веществ

На основе схемы движения материальных потоков определим параметры для сигнализации, контроля и управления, которые сведем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Перечень параметров сигнализации, контроля и управления

Параметр	Точка технологического процесса	Процесс контроля	Диапазон измеряемой величины	Допустимая погрешность измерений
Температура	Героторный насос	Контроль, сигнализация	90...110 °С	1%
Температура	Маслобак	Контроль, сигнализация	80...85 °С	1%
Давление	Трубопровод подачи дизтоплива в доставочно-смесительный шнек	Контроль, сигнализация	100...140 кПа	2%
Давление	Трубопровод подачи эмульсии в доставочно-смесительный шнек	Контроль, сигнализация	56...58 кПа	1%
Давление	Трубопровод подачи ГГД в героторный насос	Контроль, сигнализация	0.17...0.21 МПа	2%
Давление	Трубопровод подачи воды на зарядный шланг	Контроль, сигнализация	0.27...0.35 МПа	2%
Уровень	Бак нефтепродукта	Контроль, сигнализация	1.1...1.35 м	2%

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ

Лист

16

Параметр	Точка технологического процесса	Процесс контроля	Диапазон измеряемой величины	Допустимая погрешность измерений
Уровень	Уравнительный бункер	Контроль, сигнализация	1...1.5 м	2%
Уровень	Бак газогенерирующей добавки	Контроль, сигнализация	1.1...1.4 м	2%
Уровень	Бак воды	Контроль, сигнализация	1.3...1.5 м	2%
Уровень	Маслобак	Контроль, сигнализация	1.5...1.7 м	2%
Расход	Трубопровод подачи воздуха атмосферного в резервуар эмульсии	Контроль, управление, сигнализация	4200 м ³ /час	1%
Расход	Трубопровод подачи дизтоплива в доставочно-смесительный шнек	Контроль, управление, сигнализация	8500 м ³ /час	1%
Расход	Трубопровод подачи эмульсии в доставочно-смесительный шнек	Контроль, управление, сигнализация	8000 м ³ /час	1%

Параметр	Точка технологического процесса	Процесс контроля	Диапазон измеряемой величины	Допусти- мая погреш- ность измерений
Расход	Трубопровод подачи ГГД в героторный насос	Контроль, управление, сигнализация	4700 м ³ /час	1%
Расход	Трубопровод подачи воды на зарядный шланг	Контроль, управление, сигнализация	3600 м ³ /час	1%

2 ВЫБОР КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ

При выборе регулирующих величин определяют целевое назначение процесса, взаимосвязь его с другими процессами, показатель эффективности и значение, на котором он должен поддерживаться. После чего анализируется вероятность поступления возмущающих воздействий в объект управления. Определяются пути устранения возмущения или их стабилизации.

Внедрение автоматических средств контроля и сигнализации позволяет обеспечить необходимую безопасность технологического процесса.

2.1 Температура в героторном насосе

Для контроля температуры смеси игданита (смеси селитры аммиачной с дизтопливом) с эмульсией в героторном насосе служит датчик температуры ТЕ. Сигнализация аварийных ситуаций осуществляется лампой HL и звонком НА, вид аварийной ситуации отображается на панели оператора (рис. 2.1).

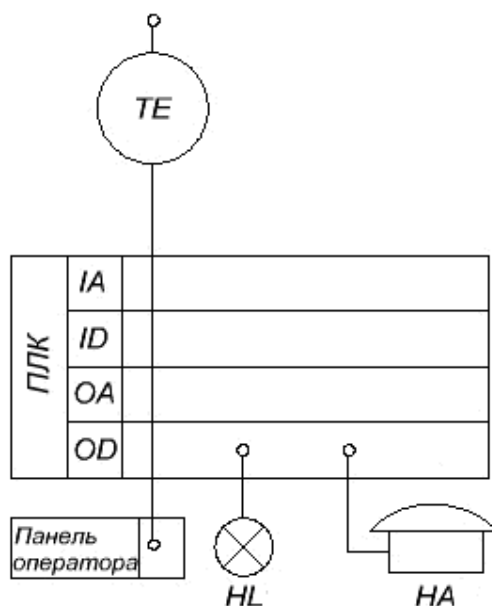


Рисунок 2.1 - Схема контроля температуры смеси игданита с эмульсией в героторном насосе

Данная схема может использоваться и для контроля температуры в маслобаке.

2.2 Давление в трубопроводе подачи дизтоплива в доставочно-смесительный шнек

Для контроля давления в трубопроводе подачи дизтоплива в доставочно-смесительный шнек используется датчик давления РЕ. Сигнализация аварийных ситуаций осуществляется лампой НЛ и звонком НА, вид аварийной ситуации отображается на панели оператора (рис. 2.2).

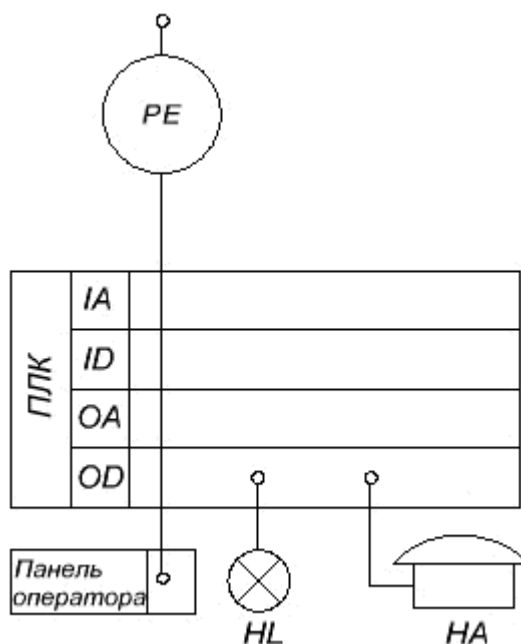


Рисунок 2.2 - Схема контроля давления в трубопроводе подачи дизтоплива в доставочно-смесительный шнек

Данная схема может использоваться и для контроля давления в трубопроводе подачи эмульсии в доставочно-смесительный шнек, в трубопроводе подачи ГГД в героторный насос и в трубопроводе подачи воды на зарядный шланг.

2.3 Уровень в баке нефтепродукта

Для контроля уровня в баке нефтепродукта служит уровнемер LE. Сигнализация аварийных ситуаций осуществляется лампой НЛ и звонком НА, вид аварийной ситуации отображается на панели оператора (рис. 2.3).

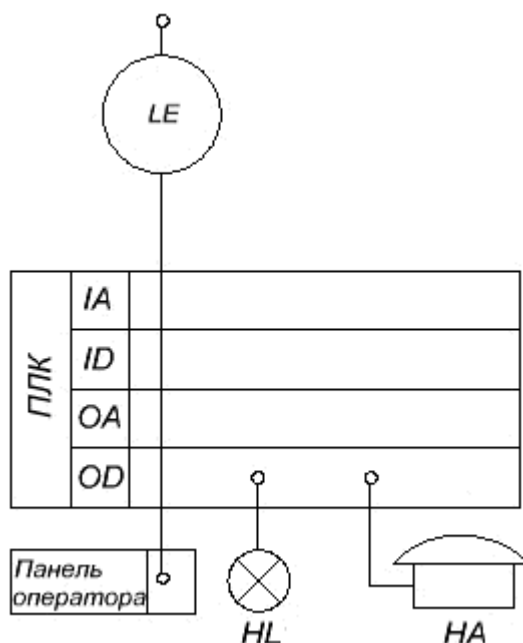


Рисунок 2.3 - Схема контроля уровня в баке нефтепродукта

Данная схема может использоваться и для контроля уровня в уравнительном бункере, баке газогенерирующей добавки, баке воды и маслобаке.

2.4 Положение шнека вертикального

Для контроля положения шнека вертикального используется датчик положения GE. Сигнализация аварийных ситуаций осуществляется лампой HL и звонком НА, вид аварийной ситуации отображается на панели оператора (рис. 2.4).

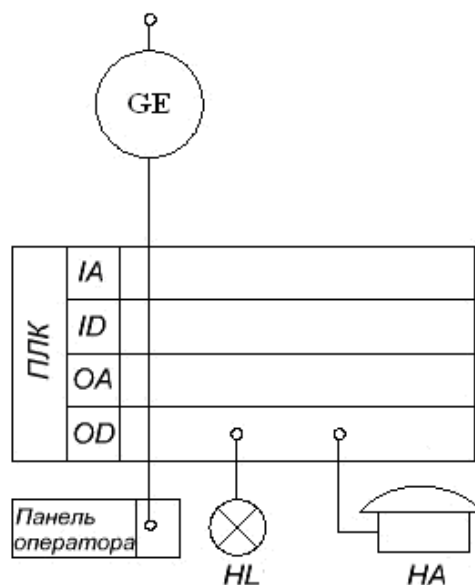


Рисунок 2.4 - Схема контроля положения шнека вертикального

2.5 Расход в трубопроводе подачи воздуха атмосферного в резервуар эмульсии

Для измерения расхода воздуха атмосферного в трубопроводе подачи его в резервуар эмульсии служит расходомер FE. На входе трубопровода подачи воздуха атмосферного в резервуар эмульсии расположен клапан, который регулирует расход этого воздуха. Между расходомером FE и регулирующим клапаном установлен усилительно-преобразующий блок FCY. Сигнализация аварийных ситуаций осуществляется лампой HL и звонком HA, вид аварийной ситуации отображается на панели оператора (рис. 2.5).

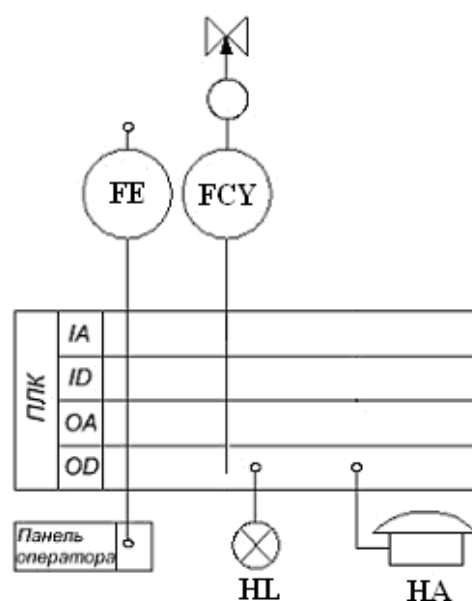


Рисунок 2.5 - Схема управления расходом воздуха атмосферного в трубопроводе подачи его в резервуар эмульсии

Данная схема может использоваться и для управления расходом в трубопроводе подачи дизтоплива в доставочно-смесительный шнек, трубопроводе подачи эмульсии в доставочно-смесительный шнек, трубопроводе подачи ГГД в героторный насос и трубопроводе подачи воды на зарядный шланг.

2.6 Скорость вращения двигателя шнека постельного

На валу двигателя шнека постельного установлен датчик угловой

скорости SE. Между датчиком SE и регулируемым электроприводом М установлен усилительно-преобразующий блок SCY. Сигнализация аварийных ситуаций осуществляется лампой HL и звонком HA, вид аварийной ситуации отображается на панели оператора (рис. 2.6).

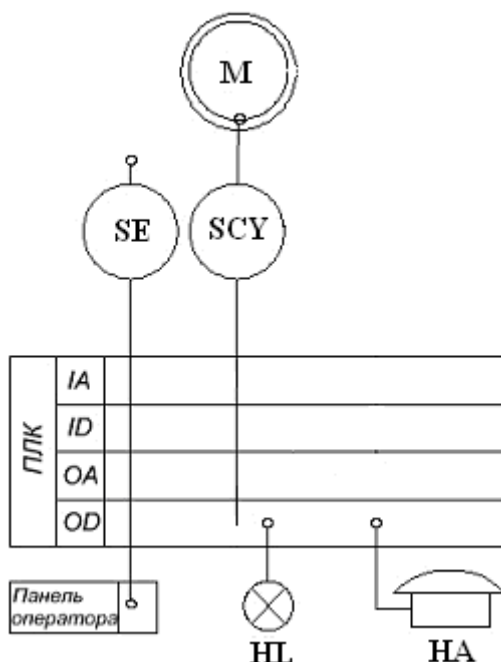


Рисунок 2.6 - Схема управления скоростью вращения двигателя шнека постельного

Данная схема может использоваться и для управления скоростью вращения двигателя шнека вертикального, доставочно-смесительного шнека, насоса трубопровода подачи дизтоплива в доставочно-смесительный шнек, насоса трубопровода подачи эмульсии в доставочно-смесительный шнек, героторного насоса, насоса трубопровода подачи ГГД в героторный насос, насоса трубопровода подачи воды на зарядный шланг, барабана, стрелы шланга и насоса трубопровода подачи масла в гидросистеме к потребителям.

На основании локальных контуров построена функциональная схема автоматизации процесса (СУЗт-61Ш. 6.015101.05 А2).

3 ВЫБОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ, РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ

Современная АСУ ТП представляет собой многоуровневую человеко-машинную систему управления.

Приняв во внимание особенности смесительно-зарядной машины для эмульсионных взрывчатых веществ, топологию объекта, и распределение функциональных элементов технологического процесса по предприятию, выбираем 2-х уровневую систему управления.

Нижний уровень – уровень объекта (контроллерный) – включает различные датчики для сбора информации о ходе технологического процесса, электроприводы и исполнительные механизмы для реализации регулирующих и управляющих воздействий. Датчики поставляют информацию локальным программируемым логическим контроллерам, которые могут выполнять следующие функции:

- сбор и обработка информации о параметрах технологического процесса;
- управление электроприводами и другими исполнительными механизмами;
- решение задач автоматического логического управления и др.

Верхний уровень - диспетчерский пункт (ДП) – включает, прежде всего, одну или несколько станций управления, представляющих собой автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера/оператора. Здесь же может быть размещен сервер базы данных, рабочие места (компьютеры) для специалистов и т. д.

Принципиально важными критериями выбора средств автоматизации (в частности нижнего уровня) выступают их точность, надёжность и защищённость. Точность измерений имеет наивысший приоритет. Для избегания конфликтов в протоколе RS-485 на одном объекте следует стараться использовать средства автоматизации, выпускаемые одним производителем.

3.1 Нижний уровень автоматизированной системы управления технологическим процессом

3.1.1 Выбор датчиков

3.1.1.1 Датчики температуры

Контроль температуры в данном ТП производится в героторном насосе и в маслобаке. Так как диапазон измеряемой температуры невелик, будем использовать термопреобразователи сопротивления. Также следует отметить, что диапазон измеряемых температур во всех точках практически одинаков, следовательно, применим один тип датчика для всех точек. Измерение температуры происходит во взрывоопасных условиях, поэтому в канал связи между датчиком и контроллером необходимо установить искрозащитный барьер.

Термопреобразователи ДТС во взрывозащищенном исполнении предназначены для непрерывного измерения температуры различных рабочих сред (пар, газ, вода, сыпучие материалы, химические реагенты и т.п.), не агрессивных к материалу корпуса датчика. Могут применяться для измерения температуры взрывоопасных смесей газов, паров, а также легковоспламеняющихся и взрывчатых веществ.

Сравним характеристики некоторых термопреобразователей сопротивления приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Основные технические характеристики термопреобразователей сопротивления ДТС

Наименование	Тип	Номинальная статическая характеристика (НСХ)	Класс допуска	Встроенный нормирующий преобразователь (НП) в 4...20 мА	Диапазон измеряемых температур
Овен ДТС	ХХ4	50М 100М	А; В; С	-	-50...150°C

Продолжение таблицы 1.1

Наименование	Тип	Номинальная статическая характеристика (НСХ)	Класс допуска	Встроенный нормирующий преобразователь (НП) в 4...20 мА	Диапазон измеряемых температур
		50П 100П Pt100		-	-50...250 ⁰ С
Овен ДТС	XX5	50М 100М	А; В; С	+	-50...180 ⁰ С
		50П 100П Pt100		-	-50...500 ⁰ С

Для измерения температуры в героторном насосе и в маслобаке наиболее подходит термопреобразователь сопротивления типа XX5, так как он имеет достаточный рабочий диапазон, приемлемую точность и встроенный нормирующий преобразователь.

Следовательно, применим термопреобразователь сопротивления марки: ОВЕН ДТС055-50М.В3.60/1.Ех-Т6.

Данный термометр сопротивления медный 50М, модель 055, класс допуска В, с трехпроводной схемой соединений, длина монтажной части 60 мм, длина кабельного вывода 1 м, во взрывозащищенном исполнении, температурный класс Т4 (температура контролируемой среды до 180 °С).

Внешний вид выбранного датчика температуры представлен на рисунке 3.1.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

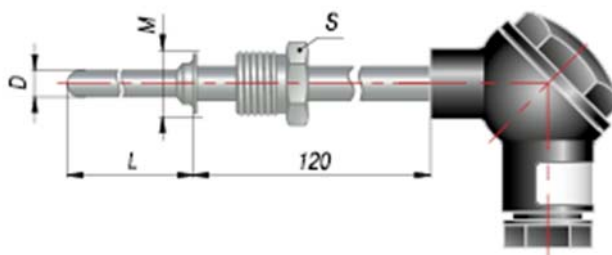


Рисунок 3.1 – Датчик температуры ОВЕН ДТС055-50М.В3.60/1.Ех-Т6

В качестве барьера искрозащиты возможно использование следующих устройств:

а) Барьер искрозащиты ОВЕН ИСКРА

Барьер искрозащиты ОВЕН ИСКРА устанавливается в электрической цепи, связывающей датчик, находящийся во взрывоопасной зоне, и вторичный преобразователь (прибор), расположенный во взрывобезопасной зоне. Барьер обеспечивает искрозащиту электрической цепи датчика путем ограничения значений напряжения и тока до искробезопасных.

Барьеры искрозащиты ОВЕН ИСКРА применяются в системах регулирования, сигнализации и аварийной защиты на взрывопожароопасных участках, где могут присутствовать взрывоопасные смеси газов, паров, а также легковоспламеняющиеся и взрывчатые вещества (пыль, порошок).

Барьер ИСКРА относится к связанному электрооборудованию, реализует вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» – i, сертифицирован на уровень взрывозащиты «особовзрывозащищенный» – а и категорию IIС в соответствии с ГОСТ Р 51330.10-99 (МЭК 60079-14:96) и имеет маркировку взрывозащищенности [Exia IIС].

Барьер искрозащиты предназначен для защиты искробезопасных цепей при воздействии на барьер напряжения до 250 В и устанавливается вне взрывоопасной зоны с обязательным искрозащитным заземлением. Барьер относится к устройствам пассивного типа.

Характеристики барьера искрозащиты ОВЕН ИСКРА указаны в таблице 3.2.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Таблица 3.2 - Основные технические характеристики искрозащиты ОВЕН
ИСКРА-АТ.01

Предел допустимой основной погрешности	не более 0,1 %
Дополнительная температурная составляющая погрешности барьера при изменении температуры в диапазоне от +1 до +50 °С	не более 0,002 % на 1 °С от диапазона измерений
Тип корпуса	Д1, для крепления на DIN-рейку 35 мм
Степень защиты корпуса	IP20
Габаритные размеры	98x82x22 мм
Масса барьера	не более 0,3 кг
Напряжение холостого хода U_0 , В	30
Ток короткого замыкания I_0 , мА	100
Максимальная внешняя емкость C_0 , мкФ	0,08
Максимальная внешняя индуктивность L_0 , мГн	3,2
Температура окружающего воздуха	+1...50 °С
Атмосферное давление	86...106,7 кПа
Относительная влажность воздуха (при 25 °С и ниже без конденсации влаги)	не более 80 %

б) Барьер искрозащиты Корунд-М4

Пассивный двухканальный барьер Корунд-М4 предназначен для организации питания и искрозащиты сигнальных цепей взрывозащищенных двухпроводных датчиков, формирующими как естественный выходной сигнал (например, термопары, термометры сопротивления стандартных градуировок с конструкцией обычного исполнения), так и унифицированный токовый (например, 4-20мА) и другими техническими средствами промышленной автоматики.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

По стойкости к механическим воздействиям Корунд 4М является вибропрочным (L3 по ГОСТ Р 52931-2008). По защищенности от воздействия окружающей среды барьер искрозащиты имеет исполнение IP30 по ГОСТ 14254-96.

Устойчивость к климатическому воздействию барьера соответствует климатическому исполнению УХЛ, категории размещения 3 по ГОСТ 15150-69, но при температуре от -30°C до $+70^{\circ}\text{C}$ и влажности 98% при $+35^{\circ}\text{C}$;

Барьер искрозащиты сохраняет работоспособность при относительной влажности от 30 до 80% во всем диапазоне рабочих температур;

Корунд 4М имеет уровень взрывозащиты «особо взрывобезопасный» с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь ia» для взрывозащищенного оборудования подгрупп ПВ и ПС.

Основные технические параметры:

1. Параметры линии связи между блоком взрывозащиты и датчиком:
- длина не более.....1000м
 - сопротивление не менее25Ом
 - индуктивность не более.....1,5мГн
 - емкость не более.....0,11мФ
2. Реализуемый уровень взрывозащиты в соответствии с ГОСТ Р 51330.10-99.....«ia»
3. Количество каналов.....2
4. Напряжение холостого хода на искробезопасных входах, В.....24
5. Ток короткого замыкания в искробезопасных цепях, мА.....100
6. Проходное сопротивление всех ветвей барьера, Ом.....163+1
7. Рабочий диапазон температуры окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$0...+60
8. Габаритные размеры, мм.....20x73x105

В данном случае оба барьера искрозащиты одинаково хорошо подходят, но выбор останавливаем на ОВЕН ИСКРА, так как мы преследуем цель использования устройств и приборов, выпускаемых одним производителем.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Внешний вид барьера искрозащиты ОВЕН ИСКРА представлен на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Барьеры искрозащиты ОВЕН ИСКРА

3.1.1.2 Датчики давления

Измерение давления производится в трубопроводе подачи воды на барабан, трубопроводе подачи эмульсии в доставочно-смесительный шнек, трубопроводе подачи ГГД в героторный насос и трубопроводе подачи дизтоплива в доставочно-смесительный шнек во взрывоопасных условиях, значит на линию связи датчика и вторичного преобразователя необходимо установить выбранный ранее барьер искрозащиты ОВЕН ИСКРА-АТ.01. Диапазон измеряемых давлений во всех точках практически одинаков, следовательно, применим один тип датчика для всех точек. Измеряемая среда вязкая и агрессивная. Для исключения влияния среды на внутренние поверхности датчика, необходимо установить разделительный сосуд или мембрану.

Для измерения давления проведем выбор между преобразователем избыточного давления с верхним пределом измерения 0,6 МПа и выходным токовым сигналом ПД100-ДИ-1,0-0,5 производства Овен (рис. 3.3) и датчиком давления Сапфир 22ДИ (рис. 3.4), характеристики которых сведены в таблицу 3.3.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 3.3 – Преобразователь избыточного давления ПД100-ДИ-1,0-0,5



Рисунок 3.4 – Преобразователь избыточного давления Сапфир 22ДИ

Таблица 3.3 - Основные технические характеристики преобразователей давления

Наименование	Сапфир 22ДИ	ПД100-ДИ-1,0-0,5
Выходной сигнал	4 - 20/ 20 - 4; 0 - 5/5 - 0; 0 - 20/20 - 0	4...20 мА
Основная погрешность	± 0,15; 0,25; 0,5	1%
Диапазон рабочих температур контролируемой среды	- 40...+ 80	- 40...950С
Напряжение питания	15... 42 В DC	12...36 В DC
Сопротивление нагрузки	-	0...1кОм (зависит от напряжения питания)
Потребляемая мощность	-	0,75 Вт
Степень защиты корпуса	IP65	IP 65

Наименование	Сапфир 22ДИ	ПД100-ДИ-1,0-0,5
Среднее время наработки на отказ		Не менее 100 000 часов
Средний срок службы	15 лет	12 лет
Масса	2,6 кг	0,2 кг
Штуцер для подключения	-	M20x1,5
Высота	-	Не более 127,5 мм

Сравнив технические характеристики датчиков Сапфир 22ДИ и ПД100-ДИ-1,0-0,5, можно сделать вывод, что оба датчика одинаково подходят, но предпочтение отдано датчику ПД100-ДИ-1,0-0,5, так как его производит ОВЕН.

В качестве разделителя мембранного будем использовать РМ 5319 (рис.3.5), основные параметры которого указаны в таблице 3.4.

Разделители предназначены для предохранения внутренней полости чувствительных элементов измерительных устройств (манометров и преобразователей давления) от попадания в нее сред, агрессивных, горячих, кристаллизующихся, несущих взвешенные твердые частицы. При необходимости, сторона мембраны разделителя, соприкасающаяся с агрессивной измеряемой средой, может быть защищена фторопластом. Разделители могут соединяться с измерительным устройством непосредственно или через соединительный рукав модели 55004. Разделители выпускаются по ТУ 25-05.2343-78.



Рисунок 3.5 – Разделитель мембранный РМ 5319

Таблица 3.4 - Основные технические характеристики РМ 5319

Верхние пределы измерений измерительных устройств, комплектуемых разделителями, МПа (кгс/см ²)	0,025-2,5 (0,25-25)
Объемы, заполняемые разделительной жидкостью измерительных устройств, комплектуемых разделителями, см ³	40
Масса разделителей не более, кг	3

3.1.1.3 Датчики уровня

Для измерения уровня в баке нефтепродукта, уравнительном бункере, баке газогенерирующей добавки, баке воды и маслобаке применим один тип датчика, т.к. диапазон измеряемых уровней во всех точках практически одинаков.

а) Преобразователь (датчик) давления гидростатического СМХ-ДГ 5520

Предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра - давления гидростатического ДГ нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал дистанционной передачи. Выпускаются во взрывозащищенном исполнении.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.5.

б) Датчик гидростатического давления САПФИР 22 ДГ 2520

Датчик САПФИР 22 ДГ используют в системах АСУТП для измерения гидростатического давления топлива, воды, жидкостей, газа или пара, что позволяет контролировать расход и уровень этих сред, а также для непрерывной передачи измеряемых значений в виде стандартного выходного токового сигнала на вторичную аппаратуру регистрации данных либо исполнительные механизмы.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.5.

в) Поплавковый датчик уровня ОВЕН ПДУ-И

Датчик уровня ОВЕН ПДУ-И предназначен для измерения уровня, а также для непрерывной передачи измеряемых значений в виде стандартного выходного токового сигнала на вторичную аппаратуру регистрации данных либо исполнительные механизмы. Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Сводная таблица характеристик датчиков уровней

Название датчика	Функциональные особенности	Диапазон измерений	Основная погрешность	Выходной сигнал	Стоимость, грн
СМХ-ДГ 5520	Преобразователь гидростатического давления	0...10 кгс/см ²	0,15 %	0-5 мА, 4-20 мА	3900
САПФИР 22 ДГ 2520	Датчик гидростатического давления	0...15 кгс/см ²	0,25 %	0-5 мА, 4-20 мА	3750
ОВЕН ПДУ-И	Датчик уровня	0...2 м	0,1 %	4-20 мА	3200

Сравнив технические характеристики датчиков уровня, а так же их стоимость можно сделать вывод, что, так как высокая точность измерения не требуется и, приняв во внимание принцип выбора датчиков, то выбрали датчик с минимальной стоимостью и относительно небольшой величиной погрешности ОВЕН ПДУ-И.2000.

Внешний вид датчика уровня представлен на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Датчик уровня ПДУ-И.2000

3.1.1.4 Датчики расхода

3.1.1.4.1 Датчики расхода жидких материалов

Для измерения расхода дизтоплива, эмульсии, газогенерирующей добавки и воды возможно использование следующих счетчиков:

а) Электромагнитный расходомер DMH-R (EP-R)

Расходомер фирмы KOBOLD серии DMH-R (EP-R) предназначен для измерения и контроля объемного расхода жидкостей, суспензий, паст и других материалов без потери давления.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.6.

б) Электромагнитный расходомер Promag 55S

Promag 55S - электромагнитный расходомер для двунаправленного измерения расхода жидкости с минимальной электропроводностью ≥ 5 мкСм/см - в частности, жидкости с содержанием взвесей, абразивных жидкостей, неоднородных и жидкостей с тенденцией к налипанию.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Сводная таблица характеристик расходомеров

Наименование	Диапазон измерений	Основная погрешность	Выходной сигнал	Стоимость, грн
DMH-R (EP-R)	0,4...2500 м ³ /час	$\pm 0,5$ %	4-20 мА	12000
Promag 55S	0...9600 м ³ /час	$\pm 0,1$ %	4-20 мА	15000

Сравнив технические характеристики счетчиков расхода, а так же их стоимость можно сделать вывод, что датчик Promag 55S обладает более высокой точностью измерений, что более необходимо в данной системе.

Внешний вид расходомера представлен на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7 - Внешний вид расходомера Promag 55S

3.1.1.4.2 Датчик расхода воздуха

Для измерения расходов воздуха атмосферного, возможно использование следующих счетчиков:

а) Счетчик TRZ G400

Предназначен для измерения расходов газов и выдачу сигнала измерительной информации. Используются в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и предназначены измерения и выдача унифицированного выходного сигнала 4... 20мА, 0... 5 мА.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.7.

б) Вихревой расходомер-счетчик газа ВРСГ-1

Предназначен для измерения расхода газов. Используется в системах автоматического контроля и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Сводная таблица характеристик расходомеров

Наименование	Диапазон измерений	Основная погрешность	Выходной сигнал	Стоимость, грн
TRZ G400	0...400 м ³ /час	±0,5 %	4-20 мА	18000
ВРСГ-1	14...5000 м ³ /час	±0,1 %	4-20 мА	16000

Сравнив технические характеристики счетчиков расхода, а так же их стоимость можно сделать вывод, что счетчик ВРСГ-1 обладает более высокой точностью измерений, и меньшей стоимостью, что более необходимо в данной системе.

Внешний вид расходомера-счетчика представлен на рисунке 3.8.



Рисунок 3.8 - Внешний вид счетчика ВРСГ-1

3.1.1.5 Датчики угловой скорости вращения двигателей

Для измерения угловой скорости вращения приводов шнека постельного, шнека вертикального, доставочно-смесительного шнека, насоса трубопровода подачи дизтоплива в доставочно-смесительный шнек, насоса трубопровода подачи эмульсии в доставочно-смесительный шнек, героторного насоса, насоса трубопровода подачи газогенерирующей добавки в героторный насос, насоса трубопровода подачи воды на барабан, барабана, стрелы шланга и насоса трубопровода подачи масла в гидросистему возможно использование следующих датчиков:

а) Датчик угловой скорости DI0001 (производитель SIBA)

Компактный монитор скорости для мониторинга импульсов (падение ниже установленного значения). Датчик и электроника оценки, встроенная в корпус М30 х 1.5. Регулировка точки переключения посредством потенциометра. Начальное время сохранения энергии и гистерезис задаются предварительно.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.8.

б) Датчик угловой скорости BMA150 (производитель BOSCHSEN)

Трехосевой, $\pm 2/4/8$ g датчик угловой скорости с SPI/I2C интерфейсом.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.8.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Таблица 3.8 - Сводная таблица характеристик датчиков угловой скорости

Наименование датчика	Заданный диапазон	Выход	Конструкция	Рабочая температура	Рабочее напряжение	Степень защиты
DI0001	5...300 импульсов/мин	замыкающий контактный	2-проводный	-25...+80 °С	20...250 V	IP 67
BMA150	3..300 Импульсов/мин	замыкающий контактный	2-проводный	-40...+135 °С	4.75...5.25 V	IP 67

Сравнив технические характеристики датчиков угловой скорости, можно сделать вывод, что датчик DI0001 обладает более высокой точностью измерений, что существенно в данной системе.

3.1.1.6 Датчики положения (угла поворота) шнеков

Для определения положения шнеков можно использовать датчики угла поворота, которые позволяют преобразовать угловое движение в непрерывно изменяющееся напряжение переменного тока в функции угла поворота.

а) Датчик угловой позиции / 5321 R5K L2.0 (производитель SIBA)

Датчик углового положения с высоким классом защиты для работы в условиях пыли и влажности. Исключительная надежность, длительный срок службы и высокая точность. Прекрасно подходит для мест с ограниченным

доступным пространством.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.9.

б) Датчик угловой позиции / 9807 R5K L2.0 (производитель SIBA)

Датчик углового положения с высоким классом защиты. Исключительная надежность, длительный срок службы и высокая точность. Наличие различных драйверов (все с возвратной пружиной). Направления вращения вправо. Устанавливается в корпуса машин или электрические инструменты.

Основные характеристики датчика приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 - Сводная таблица характеристик датчиков угловой позиции

Наименование датчика	Макс. угол поворота	Выход	Допуск, сопротивление	Импеданс	Рабочая температура	Рабочее напряжение	Уровень нагрузки	Степень защиты
5321 R5K L2.0	240°	делитель напряже-	±20 %	5 kΩ	- 40...+1 25°C	5.25 V	0.25 W	IP 67
9807 R5K L2.0	120°	делитель напряже-	±20%	5 kΩ	- 40...+1 35 °C	25 V	0.15 W	IP 66/67

Сравнив технические характеристики датчиков угла поворота, можно сделать вывод, что датчик 5321 R5K L2.0 обладает более высокой точностью измерений и лучшей степенью защиты, что немаловажно в данной системе.

Внешний вид датчика угловой позиции представлен на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 - Внешний вид датчика 5321 R5K L2.0

3.1.2 Преобразователи

3.1.2.1 Преобразователи частоты

Необходимо поддерживать на определённом уровне скорости вращения приводов шнека постельного, шнека вертикального, доставочно-смесительного шнека, насоса трубопровода подачи дизтоплива в доставочно-смесительный шнек, насоса трубопровода подачи эмульсии в доставочно-смесительный шнек, героторного насоса, насоса трубопровода подачи газогенерирующей добавки в героторный насос, насоса трубопровода подачи воды на барабан, барабана, стрелы шланга и насоса трубопровода подачи масла в гидросистему. Процесс поддержания скоростей движения на одном уровне осуществляется за счет регулирования частоты вращения двигателей средствами преобразователя частоты. Возможно использование следующих преобразователей частоты:

а) Преобразователь частоты ОВЕН ПЧВЗ-2К2-Б

В ПЧВЗ (рис. 3.10) возможности взаимодействия преобразователя с другими устройствами системы частотного управления приводом значительно расширены за счет увеличения количества дискретных и аналоговых выходов. ПЧВЗ имеют два релейных и два аналоговых токовых выхода, которые при необходимости могут использоваться как цифровые. Это расширяет возможности использования ПЧВ в системах каскадного управления насосами, а также улучшает организацию работы дополнительных систем автоматики.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

В ПЧВЗ значительно расширены функциональные возможности, а именно режимы: «пожарный», «спящий» и контроль «обрыва ремня» с выполнением специальных алгоритмов работы приводов.



Рисунок 3.10 – Преобразователь частоты ОВЕН ПЧВЗ-2К2-Б

Помимо интерфейса Modbus ПЧВЗ поддерживает несколько дополнительных интерфейсов для более удобной интеграции в системы интеллектуального здания, а именно: BACNet, Metasys N, FLN Apogee. Заводские настройки «по умолчанию» позволяют пользователю с минимальными затратами опробовать работу привода в ручном и автоматическом режимах после ввода основных параметров асинхронного двигателя.

б) Преобразователи частоты серии FR-F740-00023-EC Mitsubishi Electric (рис. 3.11)

Основными особенностями данного ПЧ являются

- * полный контроль и повышенная защита электродвигателя;
- * запуск при вращающейся нагрузке;
- * оптимальное согласование характеристики крутящего момента с характеристикой механизма;
- * управление несколькими вентиляторами или насосами;
- * локальное ПИД-регулирование и опции подключения к сети обмена данными;
- * экономия энергии свыше 60%;
- * большой срок службы при упрощенном техобслуживании.



Рисунок 3.11 – Преобразователь частоты FR-F740-00023-EC Mitsubishi Electric.

Основные характеристики преобразователей частоты приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 - Основные характеристики преобразователей частоты

Изготовитель	ОВЕН	Mitsubishi Electric
Наименование	ПЧВЗ-2К2-Б	FR-F740-00023-EC
Диапазон мощности	0,37-90 кВт	0,75...630 кВт
Питание	3-фазное 380-480В	3-фазное 380-480В
Выходная частота	0...200 Гц	0...400 Гц
Цена	15000 грн	16500 грн

Сравнив технические характеристики преобразователей частоты, можно сделать вывод, что оба преобразователя одинаково подходят. И хотя преобразователь FR-F740-00023-EC имеет больший диапазон мощностей и выходной частоты, предпочтение отдано преобразователю ПЧВЗ, так как он имеет достаточный диапазон выходной частоты для данного измерения, и значительно меньшую стоимость – поэтому следует использовать преобразователь частоты ПЧВЗ-2К5-Б.

3.1.2.2 Твердотельные реле

Для сопряжения корректирующего устройства (регулятора) с такими исполнительными механизмами данной схемы, как регулирующие клапаны трубопроводов следует применять твердотельные реле. Возможно использование следующих твердотельных реле:

а) Однофазное твердотельное реле KIPPRIBOR MD0544ZD3

Основные характеристики твердотельного реле KIPPRIBOR MD1044ZD3

- Оптическая изоляция (вход/выход): 2500 V AC.
- Типы управляющих сигналов: унифицированный сигнал напряжения 0...10В.
- Тип коммутации: переключение в «0».
- Максимально допустимое импульсное напряжение: 900 V AC.
- Светодиодная индикация для контроля наличия входного сигнала.
- Управляющее напряжение: 3...32 V DC.
- Номинальный рабочий ток: 10 А.

б) Твердотельные реле KIPPRIBOR HD01022.10U

Основные характеристики твердотельного реле KIPPRIBOR HD01022.10U:

- Коммутация резистивной нагрузки до 30 А.
- Типы управляющих сигналов: унифицированный сигнал напряжения 0...10В.
- Диапазон коммутируемого напряжения: 10...220 VAC.
- ТТР этих серий рекомендуется применять для простых случаев непрерывного регулирования напряжения нагрузки в диапазоне от 10 В до номинального напряжения питания, пропорционально входному сигналу управления. В частности с помощью ТТР этих серий эффективно осуществлять:
 - * Регулирование мощности ТЭНов;
 - * Регулирование напряжения на лампах накаливания, например, для корректировки необходимого уровня освещенности; и т.п.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Сравнив технические характеристики указанных твердотельных реле, можно сделать вывод, что оба реле одинаково подходят, но реле HD01022.10U подходит для коммутации более мощных электрических цепей. Поэтому выбираем его (рис. 3.12).



Рисунок 3.12 – Реле HD01022.10U

3.1.3 Исполнительные механизмы

3.1.3.1 Регулирующие клапаны

На взрывопожароопасных производствах предпочтительно применять исполнительные механизмы для регулирования с пневмоприводом. На трубопроводы подачи воздуха атмосферного, дизтоплива, эмульсии, газогенерирующей добавки и воды необходимо устанавливать регулирующие пневмоклапаны.

а) Механизм исполнительный пневматический МИП-320 с пневматическим аналоговым входным сигналом

Предназначен для перемещения регулирующих и запорно-регулирующих органов для точного регулирования нейтральных и агрессивных жидкостей и газов в системах автоматического и дистанционного управления.

Основные характеристики исполнительного механизма приведены в таблице 3.11.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Таблица 3.11 – Основные характеристики МИП-320

Тип	МИП-320
Рабочая среда	Сжатый воздух
Условный ход (типоразмер), мм	100, 200, 320, 400
Давление питания	от 0,4...1 МПа
Входной сигнал	0,02...0,1 МПа

б) Регулирующий поршневой пневмоклапан Burkert 2300 (рис. 3.13)

2/2-ходовой регулирующий поршневой пневмоклапан Burkert 2300 предназначен для точного регулирования нейтральных и агрессивных жидкостей и сыпучих материалов в трубопроводах с сечением Ду 13- 50 мм. Регулирующий пневмоклапан Burkert 2300 поставляется с фланцевым, резьбовым или сварным присоединениями. Благодаря параболическому конусу клапан имеет прекрасные регулирующие характеристики. Отличительной особенностью регулирующего пневмоклапана Burkert 2300 состоит в конструкции пневмопривода из нержавеющей стали. Материал уплотнения - сталь/сталь или PTFE/сталь. Температура рабочей среды: -10-+180°C.



Рисунок 3.13 – Пневмоклапан Burkert 2300

Для трубопровода подачи дизтоплива наиболее подходит модификация ИО 2301-A-50-PTFE-VA, для трубопровода подачи эмульсии - модификация ИО 2301-A-20-PTFE-VA, для трубопровода подачи ГГД - модификация ИО 2301-B-20-PTFE-VA, для трубопровода подачи воды - модификация ИО 2301-A-50-PTFE-VA.

Выбираем пневмоклапан Burkert 2300, так как он более удобен в использовании.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Для пневмоклапана Burkert 2300 электропневматический позиционер Burkert 8696.

Цифровой электропневматический позиционер Burkert 8696 (рис. 3.14) разработан специально для регулирующих пневмоклапанов Burkert 23XX/2103 с приводом Ø 50 мм. Позиционер 8696 изготовлен из нержавеющей стали и полисульфона. Позиционер 8696 не имеет индикации. Напряжение питания 24В постоянного тока, входной сигнал 4-20мА или 0-10В.



Рисунок 3.14 – Электропневматический позиционер Burkert 8696

3.2 Верхний уровень автоматизированной системы управления технологическим процессом

На основании изложенных данных выдвинем требования к портам контроллера (табл. 3.12).

Таблица 3.12 – Входные и выходные сигналы

Сигналы	Количество сигналов
Аналоговые входные	18
Дискретные входные	14
Аналоговые выходные	11
Дискретные выходные	7

Для реализации управления данным процессом применим ОВЕН ПЛК 100 с модулями расширения.

3.2.1 Выбор контроллера

Для реализации управления данным процессом необходимо применить контроллер с модулями расширения.

В качестве контроллера могут быть использованы:

а) Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 160

ПЛК 160 предназначен для создания систем управления малыми и средними объектами.

Построение системы управления и диспетчеризации на базе ОВЕН ПЛК возможно как с помощью проводных средств – используя встроенные интерфейсы Ethernet, RS-232, RS-485, так и с помощью беспроводных средств – используя радио, GSM, ADSL модемы.

Конструктивные особенности ОВЕН ПЛК 160

Контроллер выполнен в компактном DIN-реечном корпусе.

Расширение количества точек ввода\ вывода осуществляется путем подключения внешних модулей ввода\ вывода по любому из встроенных интерфейсов.

Вычислительные ресурсы ОВЕН ПЛК 160

В контроллере заложены мощные вычислительные ресурсы при отсутствии операционной системы:

- высокопроизводительный процессор RISC архитектуры ARM9, с частотой 180МГц компании Atmel;
- большой объем оперативной памяти – 8МБ;
- большой объем постоянной памяти – Flash память, 4МБ;
- объем энергонезависимой памяти, для хранения переменных – до 16КБ.

Внешний вид ПЛК представлен на рисунке 3.15.



Рисунок 3.15 – ОВЕН ПЛК 160

Электрические параметры

- Два варианта питания для каждого контроллера:
- переменный ток: (90-265)В, (47...63)Гц;
- постоянный ток: (18-29)В.
- Небольшая потребляемая мощность до 10Вт.
- Дискретные входы - 16
- Дискретные выходы - 12
- Аналоговые входы - 8
- Аналоговые выходы - 4
- Все дискретные входы контроллера измеряют сигнал 24В.
- Тип сигнала может быть как n-p-n, так и p-n-p.
- Дискретные выходы типа: Р - реле.

«Быстрые» аналоговые входы, для подключения унифицированных датчиков тока, напряжения. Дискретные выходы контроллеров данной линейки могут быть настроены на выдачу ШИМ, или генератора с высокой точностью.

Основные характеристики программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК 160 представлены в таблице 3.13.

Стоимость ПЛК – 11105,36 грн.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

б) Программируемый логический контроллер SIMATIC S7-1200

Программируемый контроллер SIMATIC S7-1200 производства SIEMENS – это базовый контроллер для решения самых разных задач автоматизации малого и среднего уровня. Этот контроллер имеет модульную конструкцию и универсальное назначение. Он способен работать в реальном масштабе времени, может использоваться для построения относительно простых узлов локальной автоматики или узлов комплексных систем автоматического управления, поддерживающих интенсивный коммуникационный обмен данными через сети Industrial Ethernet/PROFINET, а также PtP (Point-to-Point) соединения.

Программируемый контроллер S7-1200 имеет компактные пластиковые корпуса со степенью защиты IP20, может монтироваться на стандартную 35 мм профильную шину DIN или на монтажную плату и работает в диапазоне температур от 0 до +50 °C. Он способен обслуживать 24 дискретных и 12 аналоговых канала ввода-вывода.

Центральный процессор

Центральный процессор обладает высокой производительностью и обеспечивает поддержку широкого набора функций:

- Программирование на языках LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) и SCL (Structured Control Language), исчерпывающий набор команд.
- Высокое быстродействие, время выполнения логической операции не превышает 0.1 мкс.
- Встроенная загружаемая память объемом до 4 Мбайт, расширяемая картой памяти емкостью до 4 Гбайт.
- Рабочая память емкостью до 150 Кбайт.
- Энергонезависимая память емкостью 10 Кбайт для необслуживаемого сохранения данных при перебоях в питании контроллера.
- Встроенные дискретные входы универсального назначения, позволяющие вводить потенциальные или импульсные сигналы.

					<i>СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

- Встроенные аппаратные часы реального времени с запасом хода при перебоях в питании 20 дней.
- Встроенные скоростные счетчики с частотой следования входных сигналов до 1 МГц.
- Встроенные импульсные выходы с частотой следования импульсов до 1 МГц (только в CPU с транзисторными выходами).
- Поддержка функций ПИД регулирования.
- Поддержка функций управления перемещением в соответствии с требованиями стандарта PLCopen.
- Поддержка функций обновления операционной системы.
- Встроенный WEB – сервер, позволяющий выполнять дистанционную диагностику программируемых контроллеров с использованием стандартного Web браузера.
- Парольная защита программы пользователя.
- Коммуникационные модули CM 12xx и CP 12xx для подключения контроллера к сети Industrial Ethernet, PROFIBUS DP, обмена данными через последовательные каналы связи, мобильную сеть GSM, каналы связи систем телеуправления.

Основные характеристики программируемого логического контроллера SIMATIC S7-1200 представлены в таблице 3.13.

Внешний вид ПЛК представлен на рисунке 3.16.



Рисунок 3.16 –ПЛК SIMATIC S7-1200

Стоимость ПЛК – 12906,36 грн.

в) Программируемый логический контроллер VIPA System 200V

VIPA System 200V - контроллер для решения задач центральной и распределенной системы автоматизации, где он может выступать в качестве как "ведомых" так и "ведущих" устройств. Он с успехом может использоваться в системах промышленной автоматизации с повышенными требованиями к надежности оборудования и к временным параметрам контуров управления. CPU совместимы по набору инструкций с популярными контроллерами SIMATIC S7-300 и могут программироваться как с помощью ПО WinPLC7 (VIPA), так и с помощью STEP7 (Siemens).

VIPA System 200V построен по модульному принципу. Это значит, что пользователь имеет возможность оптимально подбирать состав модулей для решения своей задачи и гибко модифицировать его при расширении или при изменении требований к системе. Он обладают хорошим временем реакции и подходит для управления производствами периодического, непрерывного и непрерывно-периодического типа.

Основные характеристики программируемого логического контроллера VIPA System 200V представлены в таблице 3.13.

Стоимость ПЛК – 9696,52 грн.

Внешний вид ПЛК представлен на рисунке 3.17.



Рисунок 3.17 –ПЛК VIPA System 200V

Таблица 3.13 – Основные характеристики контроллеров

Основные характеристики	ОВЕН ПЛК 160	SIMATIC S7-1200	VIPA System 200V
Количество входов/выходов	Дискретные входы - 16 Дискретные выходы - 12 Аналоговые входы - 8 Аналоговые выходы - 4	Дискретные - 24 I/O аналоговые - 12 I/O	Дискретные - 12 I/O Аналоговые - 8 I/O
Объем памяти	8 Мбайт	150 Кбайт	32...128 Кбайт
Время выполнения операции	1 мс	0,1 мкс	с битами — 0,25 мкс со словами — 1,2 мкс
Таймеры/Счетчики	Часы реального времени с автономным аккумуляторным питанием (точность хода – не более 3 мин в сутки)	Встроенные аппаратные часы реального времени с запасом хода при перебоях в питании 20 дней; встроенные скоростные счетчики с частотой следования входных сигналов до 1 МГц; встроенные импульсные выходы с частотой следования импульсов до 1 МГц.	128/256

Продолжение таблицы 3.13

Основные характеристики	ОВЕН ПЛК 160	SIMATIC S7-1200	VIPA System 200V
Программирование	ПО CoDeSys	LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) и SCL (Structured Control Language)	WinPLC7 от VIPA / STEP7 от Siemens
Протоколы	ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII, Modbus TCP, DCON, Gate-Way (протокол CODESYS), Mass Storage Device	Industrial Ethernet/PROFINET, PtP (Point-to-Point) соединения.	ProfibusDP slave
Интерфейс	RS-232, RS-485, Ethernet 10/100 Mbps, USB-Device	Ethernet/PROFINET	MP2I (MPI+PPI)

Так как ОВЕН ПЛК 160 имеет большой объём памяти, возможность работы в реальном масштабе времени и более широкий спектр функций, выбираем именно его.

Так как встроенных аналоговых входов/выходов не достаточно, то существует необходимость использования дополнительных модулей ввода/вывода аналоговых сигналов.

3.2.2 Модуль аналогового ввода ОВЕН МВ110-220.8АС

Прибор предназначен для преобразования измеряемых аналоговых сигналов в цифровой код и передачи результатов измерения в сеть RS-485. Предназначается для построения автоматизированных систем сбора данных в различных областях промышленности, сельского и коммунального хозяйства, на транспорте.

Аналоговые входы прибора могут работать в следующих режимах:

измерение тока в диапазоне от 4 до 20 мА;

измерение тока в диапазоне от 0 до 20 мА;

измерение тока в диапазоне от 0 до 5 мА;

измерение напряжения в диапазоне от 0 до 10 В.

Прибор работает в сети RS-485 по протоколам ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. Прибор имеет следующие группы гальванически изолированных цепей:

цепи питания прибора;

цепи интерфейса RS-485;

цепи выхода встроенного источника постоянного напряжения 24 В.

Электрическая прочность изоляции всех групп цепей, исключая группу цепей питания, относительно друг друга – 750 В, относительно группы цепей питания – 3000 В.

Прибор не является Мастером сети, поэтому сеть RS-485 должна иметь Мастер сети, например, ПК с запущенной на нем SCADA-системой, контроллер или регулятор.

К прибору предоставляется бесплатный OPC-драйвер и библиотека стандарта WIN DLL, которые рекомендуется использовать при подключении прибора к SCADA-системам и контроллерам других производителей.

Конфигурирование прибора осуществляется на ПК через адаптер интерфейса RS-485/RS-232 или RS-485/USB (например, ОВЕН АС3-М или АС4) с помощью программы «Конфигуратор М110», входящей в комплект поставки.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Прибор отвечает требованиям по устойчивости к воздействию помех в соответствии с ГОСТ Р 51522 для оборудования класса А.

Изображение прибора представлено на рисунке 3.18.



Рисунок 3.18 – ОВЕН MB110-220.8AC

Основные технические характеристики прибора ОВЕН MB110-220.8AC приведены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 - Основные технические характеристики ОВЕН MB110-24.8AC

Наименование	Значение
Напряжение питания	24 В постоянного тока
Потребляемая мощность, ВА, не более	8
Предел основной приведенной погрешности, %	0,25
Предел дополнительной приведенной погрешности, %	0,12
Разрешающая способность:	
– для диапазонов токов от 4 до 20 мА и от 0 до 20 мА , мкА не более	4
– для диапазона тока от 0 до 5 мА, мкА не более	1
– для диапазона напряжения от 1 до 10 В, мВ, не более	2

Наименование	Значение
Количество аналоговых каналов измерения	8
Входное сопротивление в режиме измерения тока от 0 до 20 мА и от 4 до 20 мА, Ом	от 130 до 250
Входное сопротивление в режиме измерения напряжения от 0 до 10 В, кОм, не менее	200
Период обновления результатов измерения по каждому каналу, мс	$5 \pm 2 \%$
Выходное напряжение встроенного источника питания, В	24 ± 3
Максимальный ток нагрузки встроенного источника питания, А	0,18
Интерфейс связи с мастером сети	RS-485
Максимальное количество приборов, одновременно подключаемых к сети RS-485, не более	32
Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS-485, бит/с	115200
Степень защиты корпуса	IP20

3.2.3 Модуль аналогового вывода ОВЕН МУ110-24.8И

Модуль аналогового вывода ОВЕН МУ110-24.8И предназначен для преобразования цифровых сигналов, передаваемых по сети RS-485, в аналоговые сигналы диапазоном от 4 до 20 мА и в аналоговые сигналы диапазоном от 0 до 10 В для управления исполнительными механизмами или

для передачи сигналов приборам регистрации и самописцам. МУ110 работает в сети RS-485 по протоколам ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МУ110 не является Мастером сети, поэтому сеть RS-485 должна иметь Мастер сети, например, ПК с запущенной на нем SCADA-системой, контроллер или регулятор. В качестве мастера сети могут использоваться приборы ОВЕН ТРМ151, ТРМ133, контроллеры ОВЕН ПЛК и т.п. К МУ110 предоставляется бесплатный OPC-драйвер и библиотека стандарта WIN DLL, которые рекомендуется использовать при подключении прибора к SCADA-системам и контроллерам других производителей.

Конфигурирование ОВЕН МУ110-24.8И осуществляется с помощью ПК через адаптер интерфейса RS-485/RS-232 или RS-485/USB (например, ОВЕН АС3-М или АС4, соответственно) с помощью программы «Конфигуратор М110», входящей в комплект поставки.

Прибор отвечает требованиям по устойчивости к воздействию помех в соответствии с ГОСТ Р 51522 для оборудования класса А.

Основные технические характеристики прибора ОВЕН МУ110-24.8И приведены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 - Основные технические характеристики ОВЕН МУ110-24.8И

Наименование	Значение
Напряжение питания	24 В постоянного тока
Потребляемая мощность, ВА, не более	6
Количество аналоговых выходных элементов	8
Тип аналоговых выходных элементов	ЦАП «параметр – ток 4...20 мА»
Основная приведенная погрешность ЦАП, %, не более	$\pm 0,5$

Наименование	Значение
Сопротивление нагрузки, подключаемое к выходу, Ом	0...1300
Интерфейс связи с мастером сети	RS-485
Максимальное количество приборов, одновременно подключаемых к сети RS-485, не более	32
Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS-485, бит/с	115200
Степень защиты корпуса	IP20
Габаритные размеры прибора, мм	(63x110x73)±1
Масса прибора, кг, не более	0,5
Средний срок службы, лет	8
Цена с доставкой	4020 грн

3.2.4 Графическая панель оператора с сенсорным управлением

Для визуализации прохождения ТП, отображения текущих параметров, задания входных величин и индикации канала аварии применим сенсорную графическую панель оператора ОВЕН СП270 (рис. 3.19).



Рисунок 3.19 – ОВЕН СП270

Основные технические характеристики ОВЕН СП270 приведены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 - Основные технические характеристики ОВЕН СП270

Напряжение питания постоянного тока	22...26 В
Потребляемый ток	не более 0,150 А
Потребляемая мощность	не более 30 Вт (номинальное потребление 5 Вт)
Используемые интерфейсы связи	RS-232 (2 шт.), RS-485 (1 шт.)
Тип интерфейса для связи с ПЛК	RS-232, RS-485
Тип интерфейса для загрузки проекта из ПК	RS-232
Скорость передачи данных по интерфейсам	4800, 9600, 14400, 19200, 38400, 115200 бит/с
Память программ (Flash-RAM)	4 Мбайт
Память данных (SD RAM)	4 кбайт
Конструктивное исполнение	корпус щитового крепления
Габаритные размеры	(200x148x44,4) ±1 мм
Степень защиты корпуса со стороны лицевой панели	IP65
Масса (с элементами крепления)	не более 0,78 кг
Тип дисплея, диагональ	цветной (TFT), 178 мм (7")
Количество отображаемых цветов	256
Разрешение дисплея	480x234 пиксела
Рабочая зона дисплея (ширина x высота)	156x88 мм

3.2.5 Блок питания

Для питания модулей ввода, вывода, ПЛК и панели оператора выберем блок питания (табл. 3.17).

Таблица 3.17 – Перечень потребителей

Наименование потребителя	Потребляемая мощность, Вт
МВ110-8А	6
МВ110-8А	6
ПЛК110-32	25
МУ110-6У	6
МУ110-8Р	6
СП270	5
Итого:	54

Применим одноканальный блок питания ОВЕН БП60Б-Д4 (рис. 3.20) мощностью 60 Ватт.



Рисунок 3.20 – одноканальный блок питания ОВЕН БП60Б-Д4.

Основные технические характеристики ОВЕН БП60Б-Д4 приведены в таблице 3.18.

Таблица 3.18 - Основные технические характеристики ОВЕН БП60Б-Д4.

Частота входного переменного напряжения:	47...63 Гц
Порог срабатывания защиты по току:	не более 1,5 I _{max}
Максимальная выходная мощность:	60 Вт
Рабочий диапазон температур:	–20...+50 °С
Уровень радиопомех по ГОСТ Р 51527 :	группа С

Выходное напряжение:	$24 \pm 1 \% В$
Амплитуда пульсации выходного напряжения:	120мВ
Макс. ток нагрузки I_{max} :	2,5 А
Ток потребления:	1,03...0,41 А

3.3 Разработка системы сигнализации и блокировки

Для осуществления технологической сигнализации воспользуемся блоком технологической сигнализации ПТС-64.

Блок технологической сигнализации предназначен для обобщенной и поканальной сигнализации параметров технологических процессов, значения которых в процессе работы превышают те или иные технологические уставки.

Используется в локальных и комплексных системах промышленной автоматизации производственных процессов в схемах технологической и аварийной сигнализации.

Прибор технологической сигнализации ПТС-64 состоит из одного блока ПТС-2 (ведущее устройство или прибор обобщенной сигнализации) и одного или нескольких блоков ПТС-8 (ведомое устройство или прибор поканальной сигнализации).

Функциональные возможности

Выполняемые функции:

Светодиодная индикация срабатывания поканальной (ПТС-8) и обобщенной сигнализации (ПТС-2);

Подключение внешних светодиодных индикаторов (через клеммный соединитель или разъем ГТС-Б);

Выбор типа сигнала сигнализации - статический сигнал (постоянное свечение) или динамический с частотой F1 или F2. Использование F1 и F2 направлено на два различных (по тону, силе звучания) звуковых устройства;

Квитирование (снятие) сигнализации производится с помощью кнопки, подключаемой к клеммам ПТС-2;

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Проверка (тестирование) сигнализации производится с помощью кнопки, подключаемой к клеммам ПТС-2.

Устройство ПТС-2 (ведущее) содержит:

Два независимых канала сигнализации переключающими контактами частоты F1 и F2;

Задатчик частоты сигналов сигнализации F1 и F2;

Узел квитирования (снятия) сигнализации;

Узел проверки сигнализации;

Устройство ПТС-8 (ведомое) содержит:

Восемь независимых каналов сигнализации с возможностью поканального выбора сигнала сигнализации и номера канала срабатывания сигнализации ПТС-2;

Подключения прибора технологической сигнализации ПТС-64 осуществляется следующим образом. К ведущему устройству ПТС-2 подключаются от одного до восьми ведомых устройств ПТС-8. Схема подключения прибора представлена на рис. 3.21.

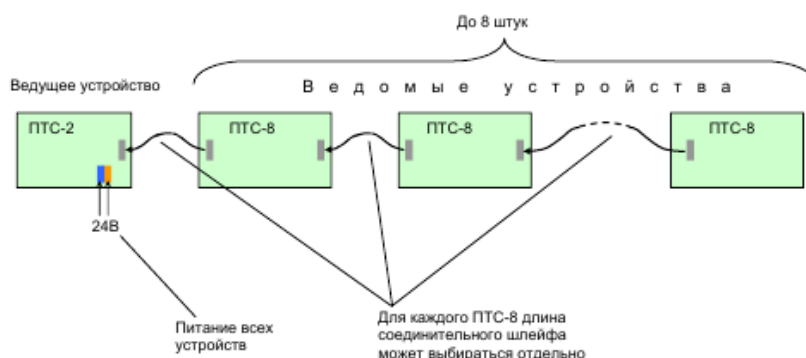


Рисунок 3.21 – Схема подключения прибора ПТС 64

Внешний вид прибора технологической сигнализации ПТС-64 представлен на рисунке 3.22.

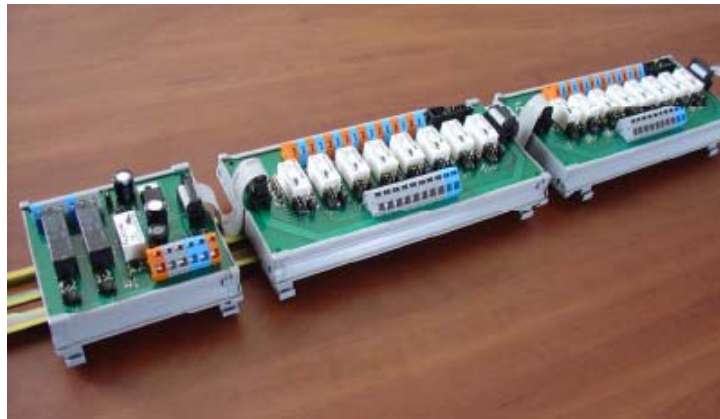


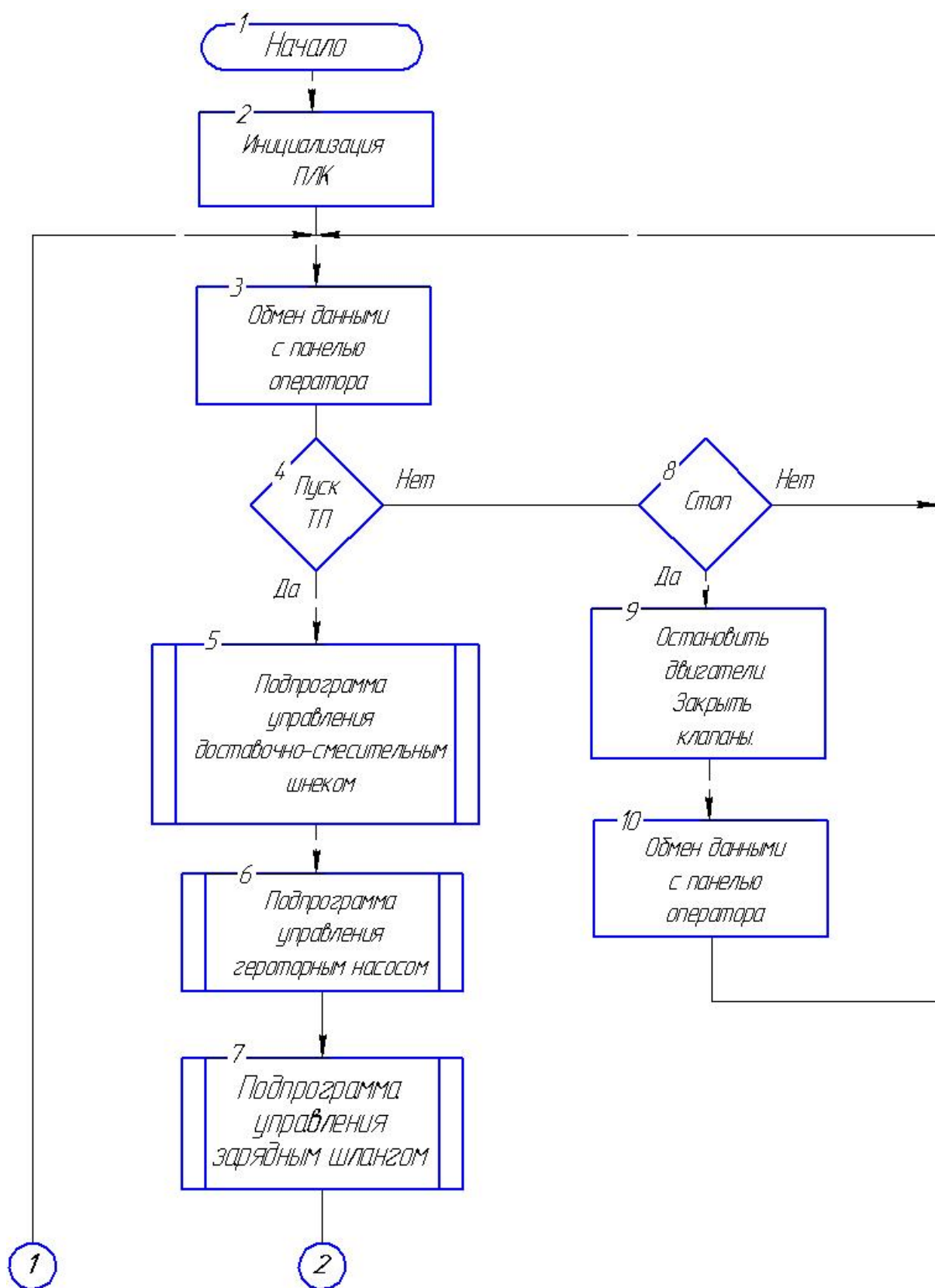
Рисунок 3.22 - Внешний вид прибора технологической сигнализации
ПТС-64

Стоимость ПЛК – 744 грн.

На основании локальных контуров и выбранных средств автоматизации построена функциональная схема автоматизации процесса (СУзт-61Ш. 6.015101.05 А2).

3.4 Разработка алгоритмов управления

В общем виде система работает по алгоритму, представленному на рисунке 3.23.



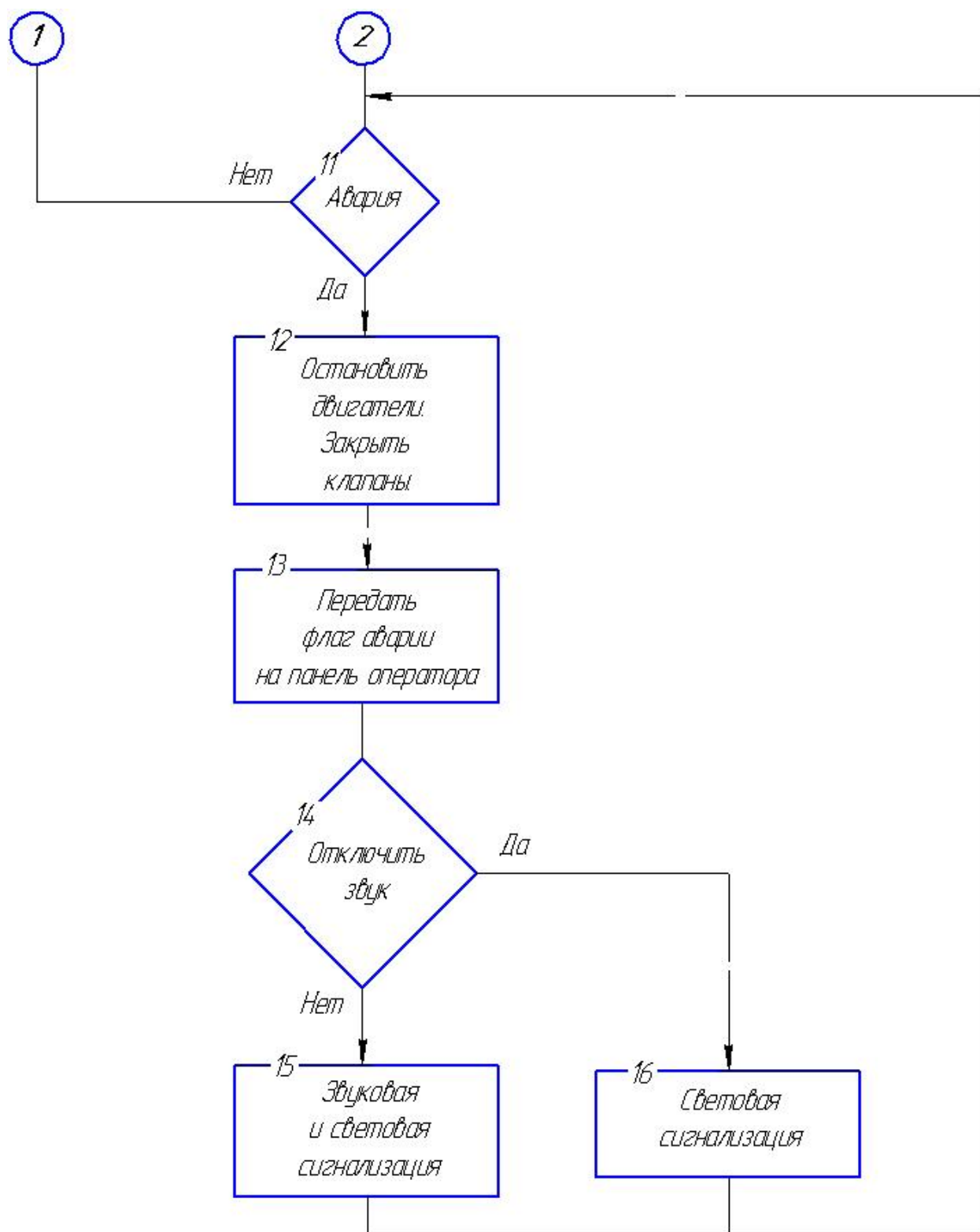


Рисунок 3.23 – Общий алгоритм работы системы

Алгоритмы отдельных подпрограмм управления приведены на рисунках 3.24-3.26.

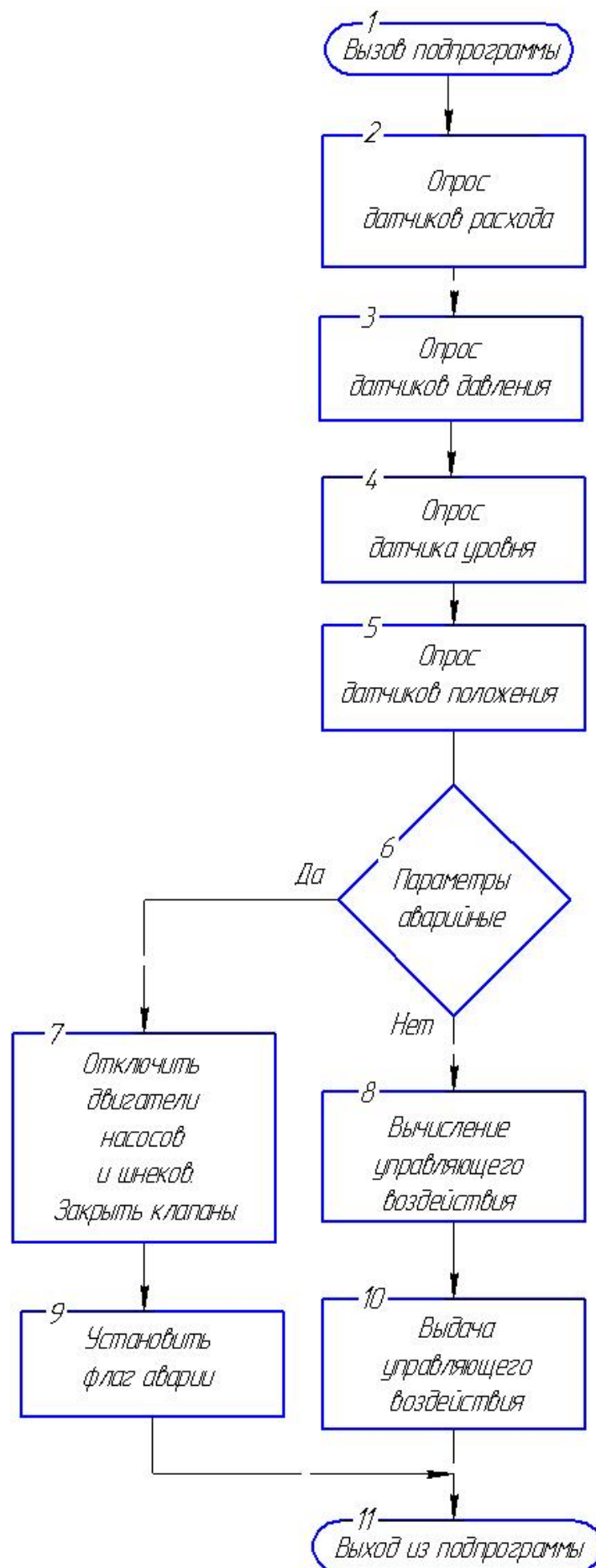


Рисунок 3.22 – Подпрограмма управления доставочно-смесительным шнеком

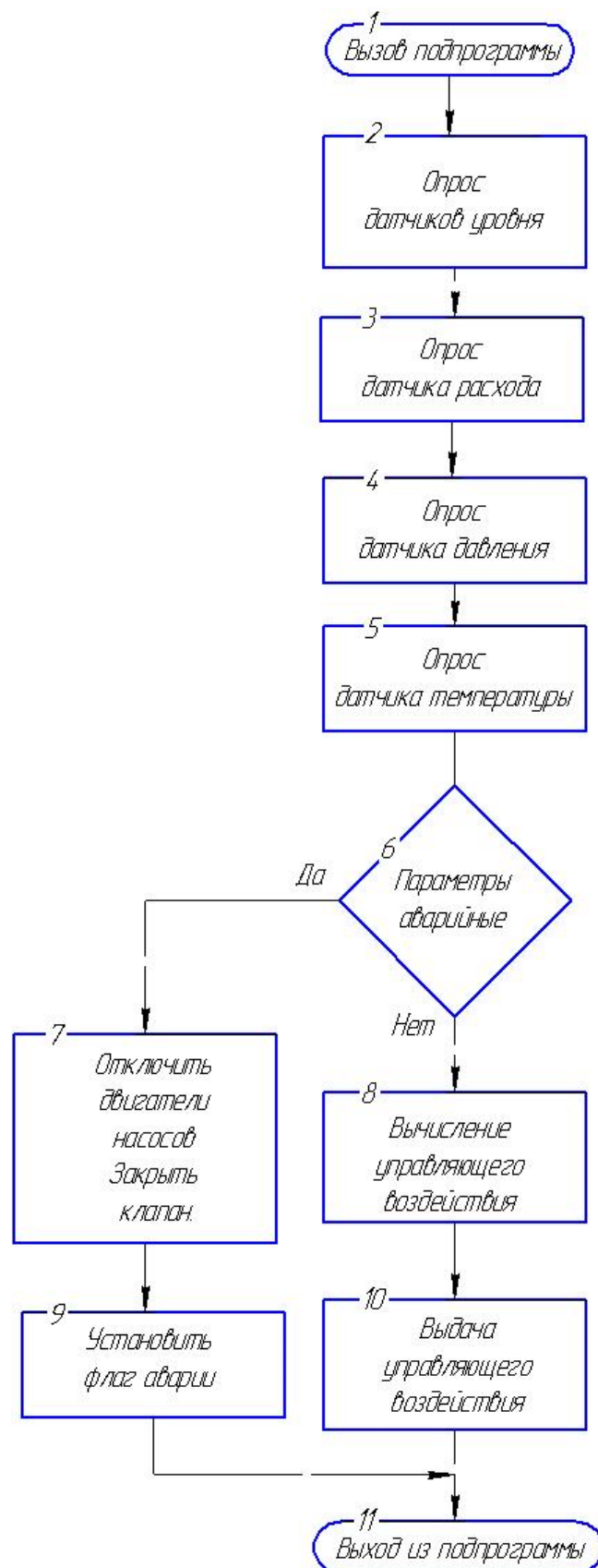


Рисунок 3.25 – Подпрограмма управления героторным насосом

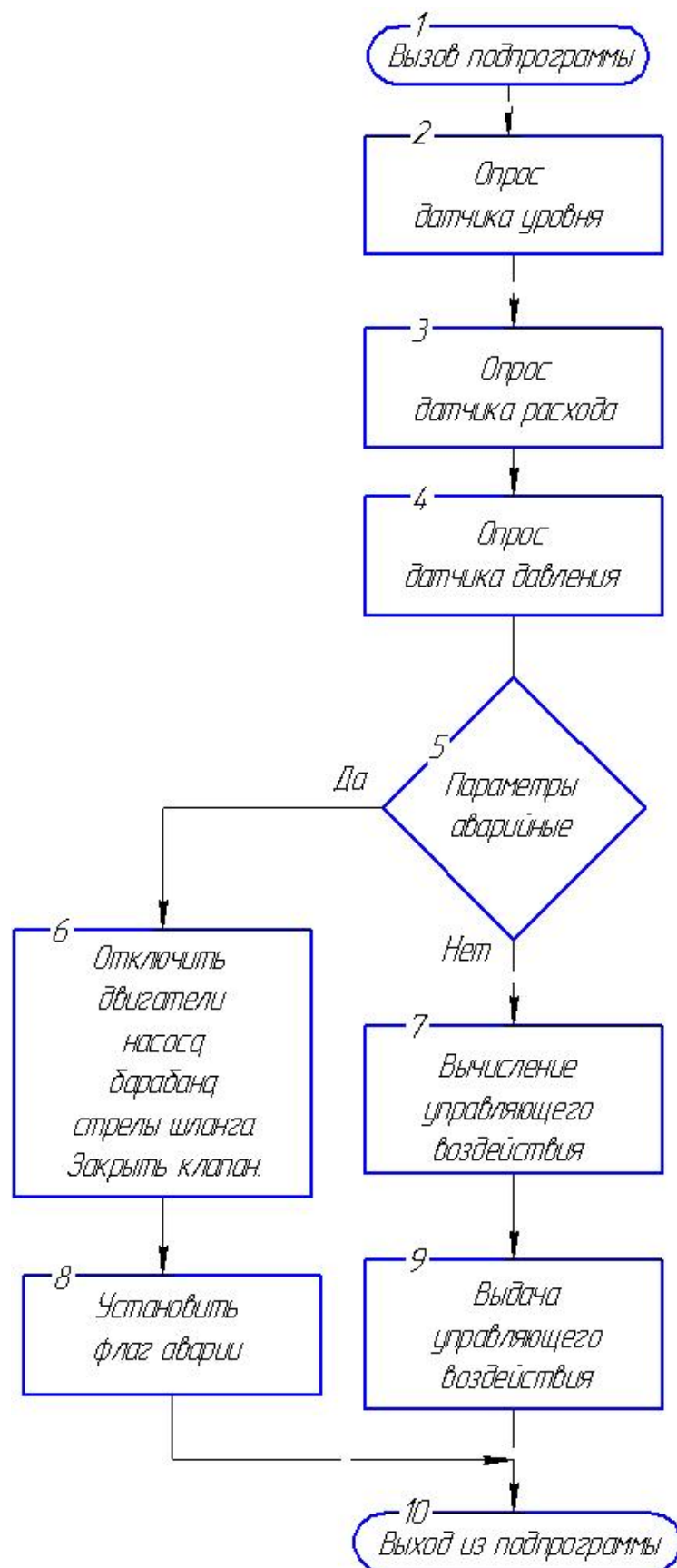


Рисунок 3.26 – Подпрограмма управления зарядным шлангом

4 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

4.1 Описание объекта моделирования

Технологический процесс приготовления взрывчатых веществ, который протекает в смесительно-зарядной машине, очень сложный и включает в себя много различных операций. Одной из основных является операция смешивания дизтоплива с аммиачной селитрой и эмульсией в смесительно-зарядном шнеке, так как от нее напрямую зависит качество взрывчатого вещества. Этот процесс является пожаро- и взрывоопасным, а потому требует жесткого контроля и управления.

Объект моделирования представляет (рис. 4.1) собой контур управления расходом в трубопроводе подачи дизтоплива в смесительно-зарядный шнек, где оно смешивается с аммиачной селитрой и эмульсией. Дизтопливо из бака нефтепродукта с помощью насоса поступает в трубопровод подачи, которым заливается в верхний отсек смесительно-зарядного шнека. Трубопровод подачи оснащен регулировочным клапаном, который в данном случае выступает непосредственным объектом управления. Параметр управления - расход дизтоплива в трубопроводе подачи его в смесительно-зарядный шнек, который должен равняться $8500 \text{ м}^3/\text{час}$.

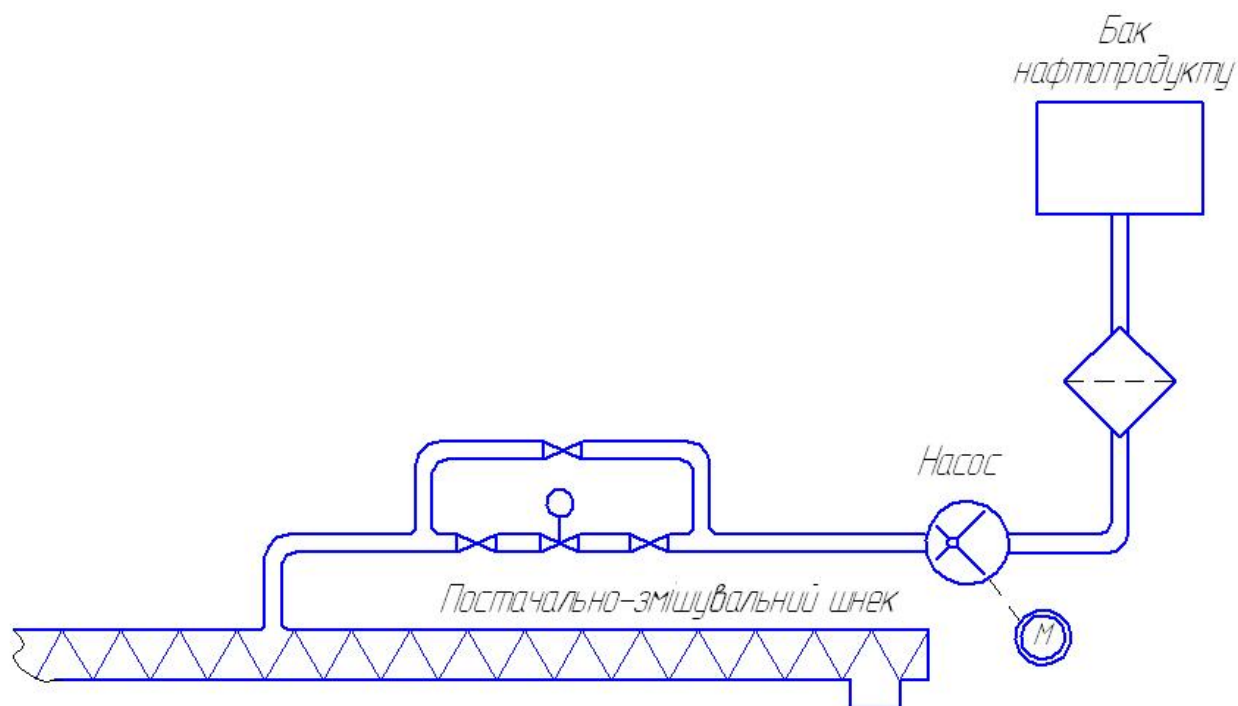


Рисунок 4.1 - Функциональная схема объекта моделирования

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Требования к качеству регулирования объекта управления:

- время переходного процесса ≤ 25 с;
- перерегулирование $\leq 35\%$;
- степень затухания переходного процесса $\Psi = 0,9$.

4.2 Получение математического описания объекта управления на основе экспериментальных данных

Получим передаточную функцию объекта управления на основе аппроксимации кривой разгона (рис. 4.2), полученной экспериментальным путем на данном объекте управления, с использованием метода площадей (Симою).

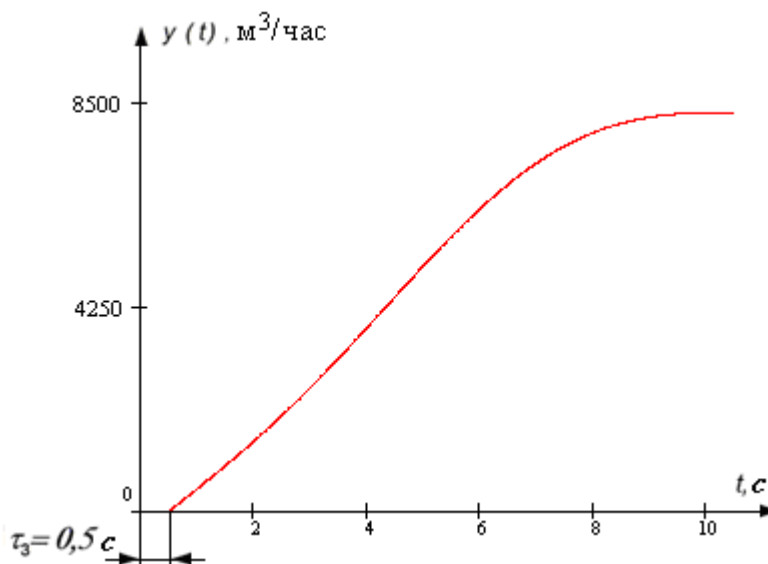


Рисунок 4.2 - Кривая разгона объекта управления

Выполняем нормирования кривой разгона. Для этого с ординат ненормированной кривой разгона формируем вектор-строку исходных данных $y(t) = (0; 680; 1020; 1700; 2380; 3060; 4250; 4760; 5440; 5780; 6460; 6800; 7140; 7310; 7480; 7650; 7786; 8194; 8228; 8466; 8500)$

Полученный вектор-строку делим на 8500, и получаем новый вектор - строку $y_1(t)$

$y_1(t) = (0; 0,08; 0,12; 0,2; 0,28; 0,36; 0,5; 0,56; 0,64; 0,68; 0,76; 0,8; 0,84; 0,86; 0,88; 0,9; 0,916; 0,964; 0,968; 0,996; 1)$

Нормированная кривая разгона изображена на рисунке 4.3.

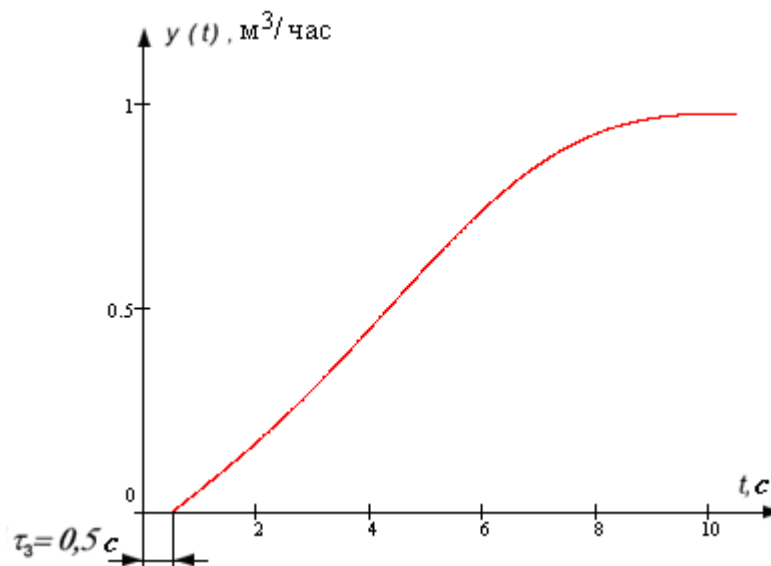


Рисунок 4.3 - Нормированная кривая разгона объекта управления

Транспонируем вектор-строку в вектор-столбец и задаем размерность вектора N с помощью математического пакета MathCad

$$h = (y)^T$$

$$N = 20$$

Задаем шаг расчета по времени и устанавливаем значение коэффициента для обеспечения возможности автоматизации расчетов.

Для расчета интеграла выражения

$$u(S, i, k) := \left[(1 - h_i) \cdot \left[\sum_{j=0}^{k-1} S_{k-1-j} \cdot \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^j}{j!} + \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^{k-1}}{(k-1)!} \right] \right] \quad (4-1)$$

используем численный метод интегрирования (метод трапеций). Для расчета необходимого количества коэффициентов организуем с помощью ранжированной переменной ($k = 1..5$) циклический расчет интегралов вышеприведенного вида

$$S_k = \Delta t \cdot \left[\sum_{i=1}^{N-1} u(S, i, k) + \frac{(u(S, 0, k) + u(S, N, k))}{2} \right], \quad (4-2)$$

где k - номер коэффициента S_k , который рассчитывается;

i - номер шага расчета по времени.

Рассчитываем первые 5 коэффициентов S

$$S_1 = 3.598$$

$$S_2 = 3.664$$

$$S_3 = -0.695$$

$$S_4 = -0.9$$

$$S_5 = 3.07$$

Поскольку коэффициент S_3 отрицательный, то для расчетов ограничимся первыми двумя, которые соответствуют коэффициентам передаточной функции a_1 и a_2

$$a_1 = S_1 = 3.598$$

$$a_2 = S_2 = 3.664$$

Из графика на рисунке 5.3 видно, что постоянная запаздывания $\tau_3 = 0,5(c)$.

Коэффициент усиления K определяем по формуле

$$K = \frac{Y_{уст}}{X}, \quad (4-3)$$

где $Y_{уст}$ - установившееся значение выходного параметра;

X - значение входной величины (управляющего сигнала).

В нашем случае $Y_{уст} = 1 \text{ м}^3/\text{час}$ (см. рис. 5.3), $X = 1 \text{ кгс}/\text{см}^2$ (единичное ступенчатое входное воздействие).

$$K = \frac{1 \text{ м}^3 / \text{час}}{1 \text{ кгс} / \text{см}^2} = 1 \text{ м}^3 \text{ см}^2 / \text{кгс} \cdot \text{час}.$$

Таким образом, передаточная функция может быть представлена в виде

$$W(s) = \frac{K \cdot e^{-\tau s}}{a_2 s^2 + a_1 s + 1} = \frac{e^{-0.5 \cdot s}}{3.664 \cdot s^2 + 3.598 \cdot s + 1} \quad (4-4)$$

4.3 Проверка адекватности модели методом Фишера

Смоделируем объект управления с его передаточной функцией (5-3) в MatLab (Simulink). Схема модели изображена на рисунке 5.4.

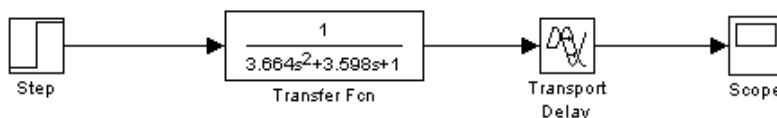


Рисунок 4.4 - Схема модели изучаемого объекта

Запускаем процесс моделирования и получаем кривую разгона (рис. 4.5).

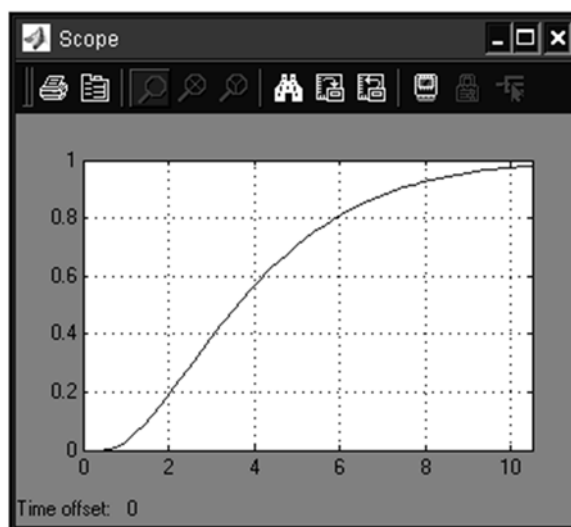


Рисунок 4.5 - Кривая разгона объекта управления, полученная в MatLab (Simulink)

Полученная кривая почти совпадает с аналогичной из предыдущего пункта (рис. 4.3), а следовательно, моделирование выполнено правильно.

Анализируя переходный процесс, получаем следующие показатели качества:

а) время переходного процесса:

$$t_p = 8,73 \text{ с;}$$

б) перерегулирование:

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{уст}(t)}{h_{уст}(t)} = \frac{1-1}{1} \cdot 100\% = 0\% \quad (4-5)$$

Область изменения t делим на 10 интервалов. Определяем среднее значение для 10-ти точек на экспериментальной кривой разгона (рис. 4.3), равномерно распределенных по кривой и 10-ти точек при тех же моментах времени на кривой разгона, полученной в MatLab (рис.4.5).

Для этих точек определяем мат. ожидания (среднее значение \bar{Y}) по формуле

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{1i} \quad (4-6a)$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{2i}, \quad (4-6б)$$

где \bar{Y}_{Y1} - мат. ожидание, полученное для экспериментальной кривой разгона (рис. 4.3),

\bar{Y}_{Y2} - мат. ожидание, полученное для теоретической кривой разгона (рис. 4.5).

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{0,08 + 0,2 + 0,36 + 0,56 + 0,68 + 0,8 + 0,86 + 0,9 + 0,964 + 0,996}{10} = 0,64$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{0,06 + 0,18 + 0,34 + 0,53 + 0,65 + 0,78 + 0,84 + 0,89 + 0,96 + 0,97}{10} = 0,62$$

Определяем оценку дисперсии среднего для каждой выборки

$$S_{Y1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y1} - y_i)^2 \quad (4-7a)$$

$$S_{Y2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y2} - y_i)^2 \quad (4-7б)$$

$$S_{Y1} = \frac{(0,64 - 0,08)^2 + (0,64 - 0,2)^2 + (0,64 - 0,36)^2 + (0,64 - 0,56)^2 + (0,64 - 0,68)^2 + (0,64 - 0,8)^2 + (0,64 - 0,86)^2 + (0,64 - 0,9)^2 + (0,64 - 0,964)^2 + (0,64 - 0,996)^2}{10} = 0,107$$

$$S_{Y2} = \frac{(0,62 - 0,06)^2 + (0,62 - 0,18)^2 + (0,62 - 0,34)^2 + (0,62 - 0,53)^2 + (0,62 - 0,65)^2 + (0,62 - 0,78)^2 + (0,62 - 0,84)^2 + (0,62 - 0,89)^2 + (0,62 - 0,96)^2 + (0,62 - 0,97)^2}{10} = 0,109$$

Определяем отношение оценок дисперсий, причем большая из полученных оценок дисперсий делится на меньшую

$$\frac{S_{Y_{\text{большая}}}}{S_{Y_{\text{меньшая}}}} \quad (4-8)$$

$$\frac{S_{Y_{\text{большая}}}}{S_{Y_{\text{меньшая}}}} = \frac{0,109}{0,107} = 1,02$$

Сравнивая полученное значение со значением критерия Фишера $F_{0,95,10,10} = 2,98$, делаем вывод, что полученная модель адекватна объекту управления, так как $1,02 < 2,98$.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.4 Синтез оптимального регулятора методом расширенных частотных характеристик (методом Дудникова)

Выбираем ПИД-регулятор, так как модель объекта управления представляет собой апериодическую звено второго порядка с запаздыванием [10].

АФЧХ объекта управления $W_0(\omega)$ в зависимости от значения показателя степени колебательности $m = 0.336$, который связан с заданным показателем степени затухания переходного процесса ψ выражением $\psi = 1 - e^{-2 \cdot \pi \cdot m}$, частоты ω и параметров объекта управления. Для этого выполняем формальную замену $p = \omega \cdot (j - m)$

$$W_0(m, \omega) = \frac{e^{-0,5\omega(j-m)}}{3,664 \cdot (\omega \cdot (j-m))^2 + 3,598 \cdot \omega \cdot (j-m) + 1} \quad (4-9a)$$

$$W_0(m, \omega) = - \frac{e^{(0,168-0,5 \cdot j) \cdot \omega} \cdot [(12390 - 9390 \cdot j) \cdot \omega^2 + (4610 + 13720 \cdot j) \cdot \omega - 3815]}{12680 \cdot \omega^4 - 7520 \cdot \omega^3 + 6030 \cdot \omega^2 - 1845 \cdot \omega + 763} \quad (4-9b)$$

Получаем выражение для расширенной АФЧХ ПИД-регулятора $W_{\text{ПД}}(k_0, k_1, k_2, \omega)$ в зависимости от показателя степени колебательности m , частоты ω и параметров настроек регулятора k_0, k_1 и k_2 .

Расширенная АФЧХ ПИД-регулятора с тремя независимыми параметрами настройки, которая описывается передаточной функцией

$W_{\text{ПД}}(p) = k_1 + \frac{k_0}{p} + k_2 \cdot p$ [10], известна из литературных источников

$$W_{\text{ПД}}(k_0, k_1, k_2, \omega) = \frac{\sqrt{(K_2 \cdot \omega^2 + m \cdot \omega \cdot K_1 - K_2 \cdot m^2 \cdot \omega^2 - K_0)^2 + (\omega \cdot K_1 - 2 \cdot K_2 \cdot m \cdot \omega^2)^2}}{\omega \cdot \sqrt{m^2 + 1}} \quad (4-10)$$

Составляем уравнение баланса амплитуд и фаз

$$A_{\text{ПД}}(k_0, k_1, k_2, m, \omega) = \frac{1}{A_0(m, \omega)} \quad (4-11a)$$

$$\Psi_{\text{ПД}}(k_0, k_1, k_2, m, \omega) = \Psi_0(m, \omega) \quad (4-11b)$$

Для определения параметров настройки ПИД-регулятора k_0 , k_1 и k_2 используем соотношение

$$\operatorname{Re}(W_p(m, j\omega)) = \operatorname{Re}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4-12a)$$

$$\operatorname{Im}(W_p(m, j\omega)) = \operatorname{Im}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4-12б)$$

где $W_0^*(m, j\omega)$ - обратная (инверсная) расширена АФЧХ.

Таким образом, представив выражение расширенной АФЧХ ПИД-регулятора $W_{iEL}(k_0, k_1, k_2, \omega)$ в алгебраической форме и подставив его в вышеприведенное выражение (5-2), получим параметрическое выражение уравнения линии равного затухания (ЛРЗ) как функции частоты

$$k_0(m, \omega, k_2) = -(m^2 + 1) \cdot IW(m, \omega) \cdot \omega + k_2 \cdot \omega^3 \cdot (m^2 + 1) \quad (4-13a)$$

$$k_1(m, \omega, k_2) = RW(m, \omega) + k_2 \cdot \omega \cdot m + \frac{1}{\omega} \cdot \frac{m}{(m^2 + 1)} \cdot [-(m^2 + 1) \cdot IW(m, \omega) \cdot \omega + k_2 \cdot \omega^3 \cdot (m^2 + 1)] \quad (4-13б)$$

Для ПИД-регулятора строим несколько ЛРЗ при фиксированных значениях параметра $k_2 = 0, 0.1, 0.2$ (рис.4.6). Рассматриваем только те их участки, которые впервые проходят через первый квадрант в диапазоне рабочих частот $\omega_{p0} \leq \omega \leq \omega_{p1}$ и соответствуют положительным значениям параметров настройки регулятора, то есть отрицательном обратной связи.

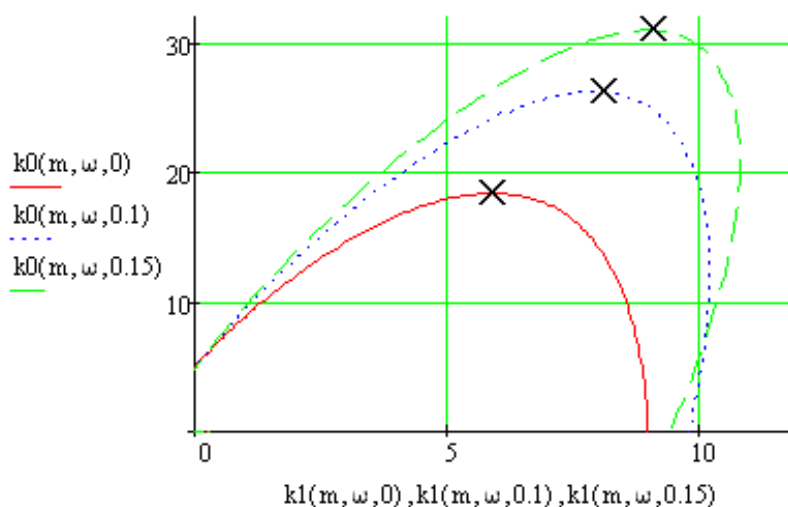


Рисунок 4.6 - Линии равного затухания в рабочем диапазоне частот

По графику ЛРЗ (рис.4.6) и с помощью расчетов в MathCad устанавливаем, что диапазон рабочих частот для $k_2 = 0$ составляет $0 \text{ Гц} \leq \omega \leq 5,831 \text{ Гц}$, для $k_2 = 0,1$ - $0 \text{ Гц} \leq \omega \leq 3,555 \text{ Гц}$ и для $k_2 = 0,15$ - $0 \text{ Гц} \leq \omega \leq 3,106 \text{ Гц}$.

Определяем частоту, которая соответствует рабочей точке на частоте, соответствующей вершине ЛРЗ ω_0 , по выражению

$$\omega_p = 1,2 \cdot \omega_0 \quad (4-14)$$

$$\omega_{p1} = 1,2 \cdot 21,03 = 25,24;$$

$$\omega_{p2} = 1,2 \cdot 16,63 = 19,96;$$

$$\omega_{p3} = 1,2 \cdot 12,23 = 14,68.$$

Используя график ЛРЗ (рис.4.5), определяем настройки ПИД-регулятора, которые заносим в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Настройка ПИД-регулятора

№	k_0	k_1	k_2
1	18,68	5,96	0
2	26,57	8,21	0,1
3	31,23	8,82	0,15

Запишем переходную функцию регулятора $W_{\text{пид}}(s)$

$$W_{\text{пид1}}(s) = 5,96 + \frac{18,68}{s}; \quad (4-15a)$$

$$W_{\text{пид2}}(s) = 8,21 + \frac{26,57}{s} + 0,1 \cdot s; \quad (4-15б)$$

$$W_{\text{пид3}}(s) = 8,82 + \frac{31,23}{s} + 0,15 \cdot s. \quad (4-15в)$$

и переходную функцию разомкнутой системы управления с регулятором $W_p(s)$

$$W_p(s) = W_{\text{пид}}(s) \cdot W_o(s) \quad (4-16)$$

Используя выражение передаточной функции скорректированной разомкнутой системы (4-16), получаем переходную характеристику замкнутой системы (рис.4.7). Для этого используем математический пакет MathCad.

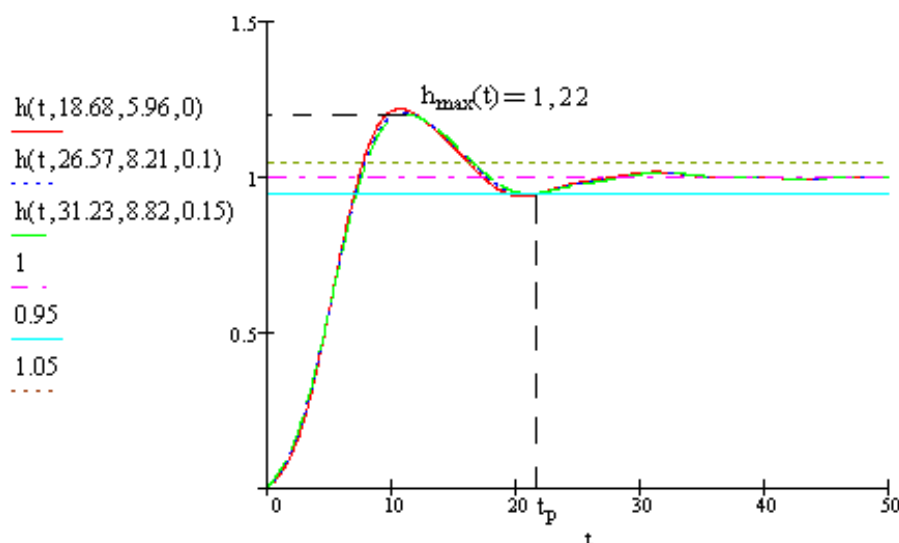


Рисунок 4.7 - Переходный процесс в скорректированной системе

Характеристики (рис.4.7) имеют примерно одинаковый вид, но вторая кривая указывает на лучшие показатели качества, поэтому выбираем регулятор (4-156).

Анализируя переходный процесс, получаем следующие показатели качества:

а) время переходного процесса:

$$t_p = 21,45 \text{ с};$$

б) перерегулирование:

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{уст}(t)}{h_{уст}(t)} = \frac{1,22 - 1}{1} \cdot 100\% = 22 \%$$

Полученные показатели качества переходного процесса удовлетворяют заданным показателям, а значит, синтез выполнен успешно.

4.5 Моделирование системы управления в математическом пакете MatLab (Simulink)

Схема моделирования системы управления в математическом пакете MatLab (Simulink) представлена на рисунке 4.8.

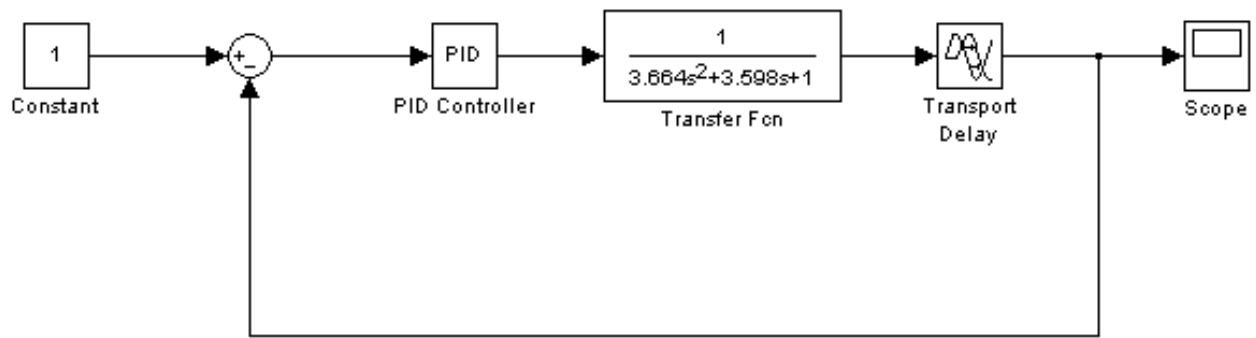


Рисунок 4.8 - Схема моделирования системы управления

Переходный процесс в данной системе имеет вид, изображенный на рисунке 4.9.

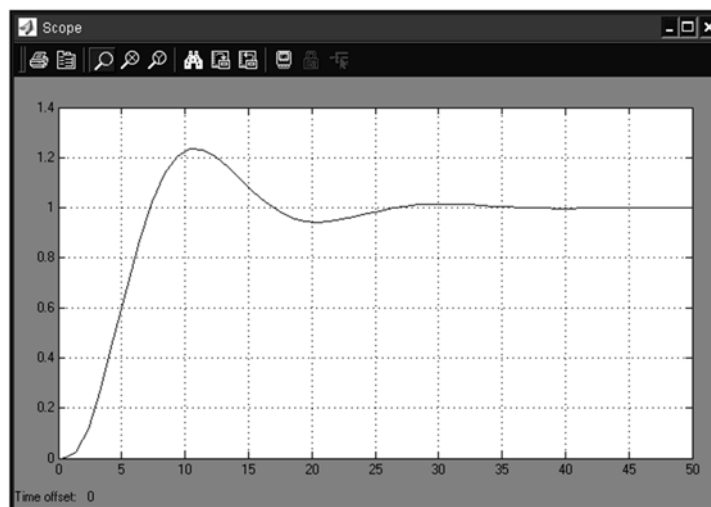


Рисунок 4.9 - Переходный процесс в системе

Анализируя переходный процесс, получаем следующие показатели качества:

а) время переходного процесса:

$$t_p = 22,05 \text{ с};$$

б) перерегулирование:

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{уст}(t)}{h_{уст}(t)} = \frac{1,23 - 1}{1} \cdot 100\% = 23\%$$

Полученные показатели совпадают с аналогичными из предыдущего пункта, а следовательно, моделирование выполнено правильно.

ВЫВОДЫ

На основании технического задания разработано информационное и техническое обеспечение системы автоматизации.

Система представляет собой 2-х уровневую АСУ ТП, в состав которой входят:

- датчики, установленные непосредственно на технологическом оборудовании;
- исполнительные органы, которые отрабатывают полученное от контроллера воздействие;
- контроллер, который выполняет первичную обработку данных полученных от датчиков, выдает управляющее воздействие для регулирующих органов.

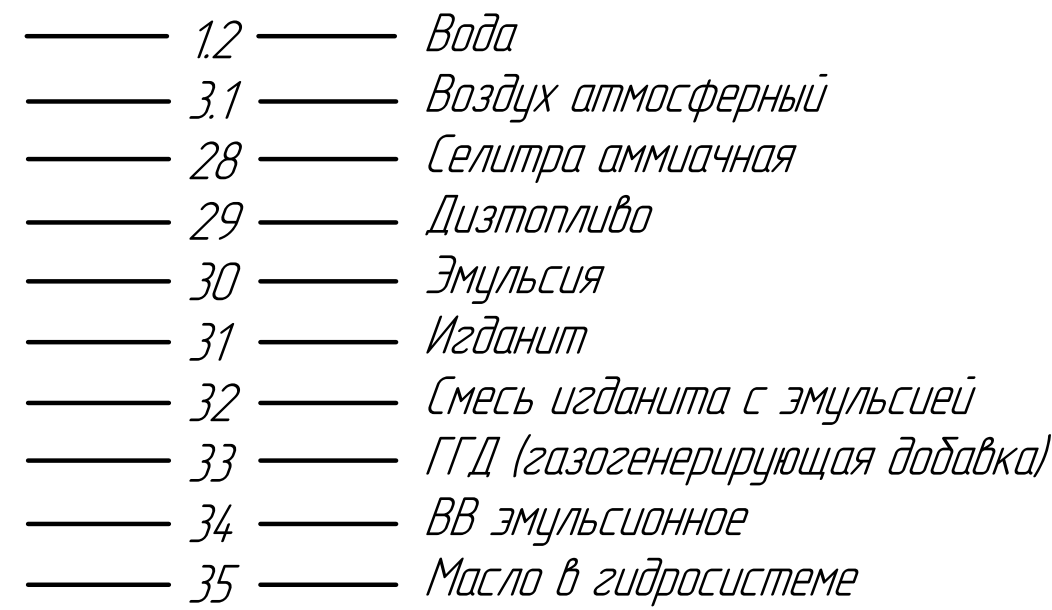
Использование современных методов управления технологическим процессом, а также новейших технических средств автоматизации в дальнейшем даст возможность реализовать качественно новую технологию управления и повысить эффективность производства, что приведёт к:

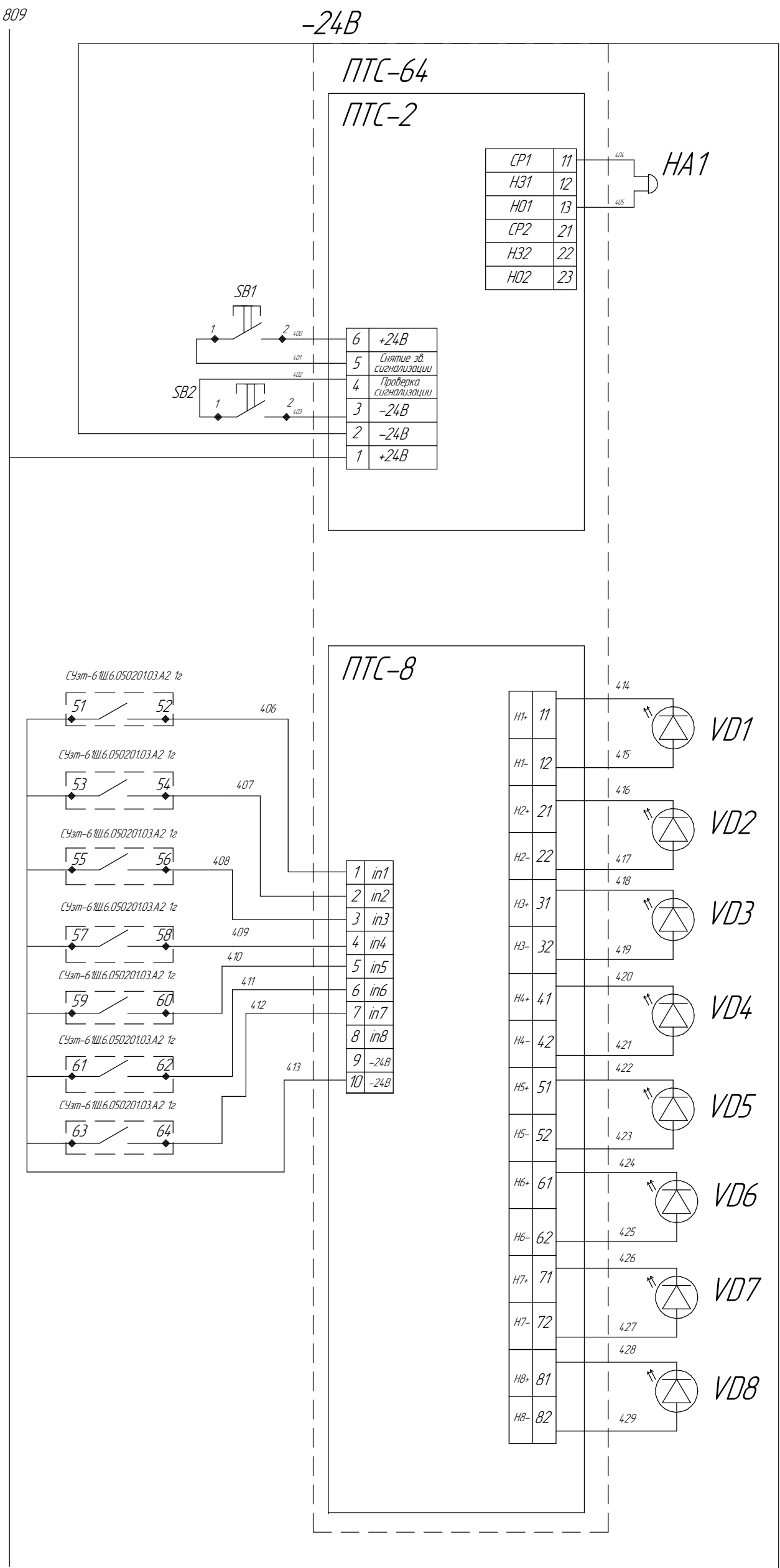
- повышению качества выпускаемой продукции;
- снижению затрат сырьевых и энергетических ресурсов по некоторым статьям расходов на ТП;
- повышения объема выпускаемой продукции;
- сокращения простоев из-за неполадок;
- увеличение межремонтных сроков работы оборудования;
- использовать минимальное количество работников, необходимых для поддержания ТП в рабочем состоянии и ликвидации аварийных ситуаций.

					СУзм-61Ш. 6.015101.05 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

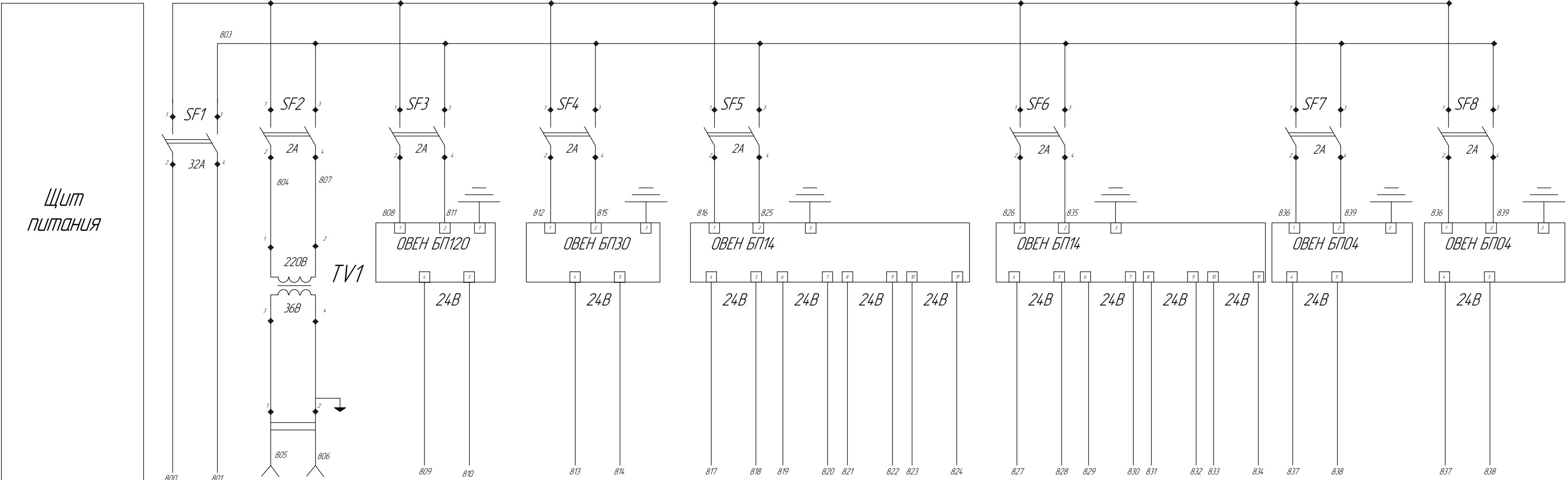
1. Автоматика и управление в технических системах. В 11 кн. / Отв. ред. С.В. Емельянов, В.С. Михалевич. - Кн.1. Электрические элементы систем управления промышленными роботами / А.А. Краснопрошина и др. - К.: Вища шк., 1990. - 479 с.
2. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов. Инструктивные материалы. Для студентов специальности 7.091401 "Компьютеризованные системы управления и автоматики". - Сумы.: СумГУ, 1998. - 77 с.
3. Средства инициирования, П.П. Карпов: Высшая школа., 1981. - 285 с.
4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ пос. / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, С.А. Ключев. -М.: Энергоатомиздат, 1990.- 464 с.
5. Сайт компании «Овен»: www.owen.ru.
6. Волощенко А.В., Горбунов Д.Б., Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования.-Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 109 с.
7. Сольнищев Р.И., Автоматизация проектирования систем автоматического управления —М: Высш. шк., 1991. — 335 с.
8. Интернет сайт <http://avr123.nm.ru/>.
9. Интернет сайт <http://www.adastra.ru/>.

[illegible]



Звуковая сигнализация	Кнопка снятия обобщенной сигнализации	Опробывание звуковой и световой сигнализации	
Повышение температуры в маследаке	Повышение давления в даке нефтепродукта	Повышение уровня в маследаке	Предвешение расхода эмульсии
Повышение расхода дизтоплива	Предвешение расхода ГГД	Предвешение расхода воды	

810



Позиция		XS1	Схема сигнализации	1z	18a	19a	27a	2a	3a	4a	5a	2b	4b	30a
Тип	Ввод рабочих	Разетка штепсельная		ОВЕН ПЛК160	ДТС055	ПЛ100-ДИ	ПЛ4-И.2000	Promag 55S	Promag 55S	Promag 55S	Promag 55S	HD01022	HD01022	MB110-24.8M
Напряжение, В	220	36	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Мощность, Вт, мА	1500	100	80	10	0,8	0,8	0,8	1	1	1	1	10	10	4
Места установки	щит №1	щит №1	щит №1	щит №1	по месту	по месту	по месту	по месту	по месту	по месту	по месту	по месту	по месту	щит №1

Позиция	Обозначение	Кол-во	Примечание
SF1	Автоматический выключатель ВА-2001, кол-во полюсов 2 Iном=32А, Uном=220/380В	1	
SF2-SF8	Автоматический выключатель ВА-2001,Iном=2А, Uном=220В	7	
VD1-VD8	Лампа сигнальная светодиодная, цвет красный	8	
TV1	Рном=2,6Вт,Iном=24В, степень защиты IP67, 8LM2TL224	1	
SB1-SB2	Кнопка с подсветкой красная 100mA, Uном=24В 8LM2T QL 104	2	
XS1	Штепсельная разетка РШ-К-2-СО-2-6/10/220 U=36В	1	
овен бп120	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 120Вт	1	
овен бп30	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 30Вт одноканальный	1	
овен бп14	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 14Вт многоканальный	2	
овен бп04	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 4Вт одноканальный	2	
ПТС64	Прибор технической сигнализации. Дискретных входов 8 Uном=24В	1	

СУЭт-61Ш.6.015101.05 33				Лист 1		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Автоматизация смесительно-зарядной машины для эмульсионных взрывчатых веществ		
Разраб.	Маргулец Б.О.			Схема электрическая принципиальная		
Проб.				Лист 1		
Т.контр.				ШИ СУМГУ		
И.контр.				гр. СУЭт-61Ш		
Эта.	Хидолеу Г.М.			Формат А1		